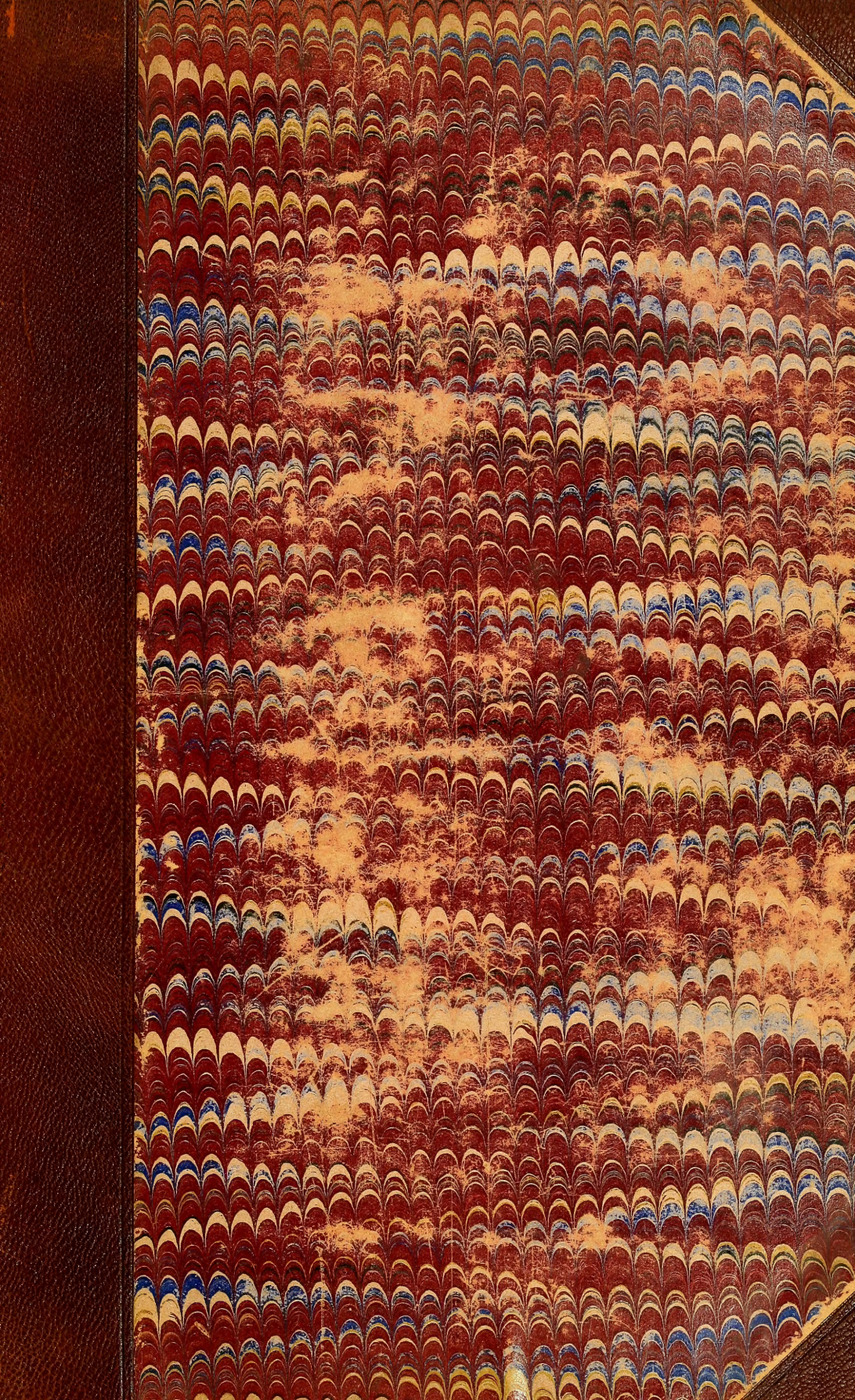


QC
201
M612
no.12-14
Pat27 SI
3
1082
n.12
49811
14

SECRETARIA DE FOMENTO, COLONIZACION É INDUSTRIA.

BOLETÍN

DEL

INSTITUTO GEOLÓGICO DE MÉXICO

Mexico

NUM. 12.

EL REAL DEL MONTE.

202577

MEXICO
OFICINA TIP. DE LA SECRETARIA DE FOMENTO
Calle de San Andrés número 15.

1899

SMITHSONIAN LIBRARIES

BOLETIN

DEL

INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO

Núm. 1.—Fauna Fósil de la Sierra de Catorce, por A. del Castillo y J. G. Aguilera.—1895—56 pp., 24 lám.

Núm. 2.—Las Rocas Eruptivas del S.O. de la Cuenca de México, por E. Ordóñez.—1895—46 pp., 1 lám.

Núm. 3.—La Geografía Física y la Geología de la Península de Yucatán, por C. Sapper.—1896—58 pp., 6 lám.

Núms. 4, 5 y 6.—Bosquejo Geológico de México.—1897—272 pp. 5 lám.

Núms. 7, 8 y 9.—El Mineral de Pachuca.—1897—184 pp., 14 lám.

Núm. 10.—Bibliografía Geológica y Minera de la República Mexicana, por R. Aguilar y Santillán.—1898.—158 pp.

Núm. 11.—Catálogos sistemático y geográfico de las especies mineralógicas de la República Mexicana, por José G. Aguilera.—1898.—158 pp.

Núm. 12.—El Real del Monte.—1899—108 pp., 26 lám.

EN PREPARACION:

Núm. 13.—Geología de los alrededores de Orizaba.

Núm. 14.—Rhyolitas de México.

Carta Geológica detallada de la República Mexicana.

ESCALA DE 1:100,000.

HOJA N. 1: ZUMPANGO.——HOJA N. 2: PUEBLA.——HOJA N. 3: MEXICO.

HOJA N. 4: APAM.

INSTITUTO GEOLÓGICO DE MÉXICO.

DIRECTOR, JOSÉ G. AGUILERA.

EL REAL DEL MONTE

POR

EZEQUIEL ORDOÑEZ Y MANUEL RANGEL.

MEXICO

OFICINA TIP. DE LA SECRETARIA DE FOMENTO

Calle de San Andrés número 15.

1899

Tip. y Lit. «La Europea.»—México

Vista general de REAL DEL MONTE.

CAPITULO I.

DESCRIPCIÓN TOPOGRÁFICA Y GEOLÓGICA.

En el Boletín del Instituto Geológico, números 7, 8 y 9, publicado en 1897, se ha dado una descripción general del aspecto físico y geológico de la sierra de Pachuca, de su situación en la Mesa Central, etc. El Distrito de Real del Monte pertenece á dicha Sierra y tanto en sus relaciones topográficas como desde un punto de vista práctico, debe considerarse como la continuación del Mineral de Pachuca. Hay, sin embargo, en lo relativo á los criaderos minerales de ambos Distritos algunas diferencias que nos proponemos señalar, tratando de completar el cuadro de la descripción de esta importante región minera del Estado de Hidalgo.

El Real del Monte, población de cerca de 10,000 habitantes, se halla situada en lugar pintoresco, en el nacimiento de un angosto valle en la vertiente S. E. de la Sierra de Pachuca, á la altura de 2765^{m} sobre el nivel del mar. Dista de la ciudad de Pachuca solamente 8 kilómetros y se ligan las dos poblaciones por una ancha carretera que faldea las montañas y estribos de la vertiente N.O.; corta la cima de la sierra en una pequeña meseta formada por la unión de la cresta principal con un eslabón, y desciende con débil pendiente al Real del Monte.

Este camino fué abierto para el servicio comercial y de las minas, por los años de 1827–1828, algún tiempo después de haberse explotado en el Real, las famosas bonanzas del primer Conde de Regla, quien había abierto un camino desde este Mineral á varias haciendas metalúrgicas situadas al pie de la Sierra á 20 kilómetros de distancia. Esta carretera va por el fondo de la cañada del Real siguiendo las sinuosidades del arroyo, pasa por la aldea de Omitlán, después á un lado de Huascazaloya y remata en las Haciendas de S. Miguel, S. Antonio y Regla en el borde oriental de la mesa basáltica de Atotonilco el Grande.

El espacio que abarca el Distrito Minero de Real del Monte prácticamen-

Smithsonian Institution
202577
FEB 28 1900
National Museum.

te comprende una superficie de cerca de 12 kilómetros cuadrados, en la forma de una grande herradura abierta hacia el N.E. circundada de varias eminencias distribuídas á lo largo de la cresta principal de la sierra y de dos de sus importantes contrafuertes; el del N. lleva dos de las cimas más elevadas: el Zumate (3057 metros) en el extremo de una de las ramas de la grande herradura y el Cerro de Pueblo Nuevo, que sirve juntamente con el cerro de Magueyuelo, de nudo ó punto de unión de este contrafuerte con el espinazo principal. Este último, con rumbo medio de 45°, se prolonga en el medio de la curvatura hasta los cerros del Gallo y Ahuizote. La cresta menos elevada y poco sinuosa en esta porción, es cortada por el camino carretero cerca de la pequeña eminencia del Hiloche á la altura de 2875 metros. Por este lugar pasa el crestón de la veta llamada Vizcaina, una de las más importantes de los dos Distritos, sobre la cual se emprendieron los trabajos que dieron al Real del Monte su celebridad.

El contrafuerte meridional que completa el semicírculo, lo forman las alturas del cerro del Ahuizote y las eminencias coronadas por las peñas del Aguila, las de los Manzanos y la del Gato, separadas de la primera por el portezuelo elevado de Tezoantla.

El Zumate al N.E. y la peña del Gato al S.E., se presentan á la vista desde un lugar dominante como dos puntas avanzadas separadas por la profunda cortadura de la cañada de Real del Monte, cuyas aguas van á formar parte del río de Velasco que ha abierto su cauce en las faldas del Zumate, limitando bruscamente la mesa de Atotonilco el Grande, que se extiende por el E. hasta el hermoso cañón de Regla al que le sirve dicha planicie de borde occidental.

Esta simplicidad topográfica que en conjunto presentan las montañas del Real, fácil por otra parte de descubrir inmediatamente por la grande altura de las cimas, se complica en cierta manera cuando se estudian con detalle los elementos secundarios del relieve. En efecto; del vértice, podemos decir de la grande herradura, nacen dos pequeños estribos que fraccionan en tres partes el espacio semicircular. Uno de ellos se desprende del cerro del Hiloche llevando como cima principal el Cerro Alto, separado del primero por un portezuelo alargado, en el cual se ha labrado el magnífico tiro de Dificultad que se utiliza principalmente para hacer el desagüe de una parte de las minas del Distrito. Entre las faldas de este estribo y las montañas del Zumate existe una barranca que recoge las aguas de las vertientes y las arroja en el arroyo del Real al pie del Cerro Alto cerca de la mina de Escobar. El otro contrafuerte sale del cerro del Ahuizote, avanza hacia el N. llevando las pequeñas alturas del cerro Judío y la loma del cementerio de los Ingleses. Por último; un estribo de menor importancia nace entre los cerros del Aguila y del Gato, en el que se encuentran los cerros Negro y del Ciprés. Los arroyos que nacen en las depresiones formadas entre estos cerros, desembocan igualmente en el arroyo del Real antes de pasar junto á la mina de Escobar.

El caserío del Real del Monte se extiende casi en el nacimiento del arroyo

Montaña del Zumate.—Real del Monte.

Peñas de brecha andesítica del "Zumate."

de ese nombre que corre en el medio del semicírculo. La población ocupa, pues, casi el centro del espacio triangular formado por los dos contrafuertes cuya posición hemos indicado y la cresta principal de la sierra, que lleva aquí como cima importante el cerro del Gallo.

La mayoría de las montañas que circundan este Distrito se hallan cubiertas de abundante vegetación, ya de arbustos, ya de árboles que han podido salvarse durante la tala inmoderada que han sufrido los montes en muchos años para atender á las necesidades de la industria minera de este importante Distrito. Las alturas sobresalen desnudas y pedregosas y el fondo de los arroyos se limita las más veces por acantilados de poca altura cuando se hallan en la base de pendientes fuertes y escarpadas.

La configuración peculiar del Distrito, rodeado de altas montañas y abierto en semicírculo al N.E., facilita la entrada de los vientos húmedos del N. que mantienen un clima frío muy cargado de humedad y que da origen á frecuentes precipitaciones. Sin embargo, el clima es sano y agradable durante los meses del verano en tanto que son rigurosos los inviernos.

Ponemos á continuación una lista de las principales alturas del Distrito, obtenidas por los miembros del Instituto Geológico:

Real del Monte (Parroquia).....	2765^{m}	Com. Pachuca.
Omitlán (Iglesia).....	2357 . 2	,, ,,
Peña del Zumate.....	3057 . 20	,, ,,
Cerro del Ahuizote.....	3065 . 5	,, ,,
Cerro del Judío.....	2885	
Loma del Cementerio de los Ingleses	2810	
Peñas del Aguila.....	3035	
Hacienda de Sánchez.....	2445	
Pueblo de Tezoantla (Iglesia).....	2825	
Tiro de S. Cayetano.....	2740	
,, ,, Acosta.....	2605	
,, ,, Escobar.....	2545	
,, ,, Morán.....	2540	
,, ,, Cabrera.....	2555	
,, ,, La Providencia.....	2630	
,, ,, La Dificultad.....	2745	
,, ,, Resquicio.....	2580	
,, ,, Manzano.....	2575	
Boca del Socavón del Aviadero.....	2450	

*
* *

Las condiciones geológicas del Distrito Minero del Real del Monte, la naturaleza de las rocas y los fenómenos de alteración, son en todo semejantes á las del Distrito de Pachuca tales como las hemos descrito en nuestro Boletín y esta semejanza casi nos dispensa de hablar extensamente de dichas ma-

terias; sin embargo, creemos oportuno recordar siquiera algo de la geología de la región y completar el estudio de las rocas eruptivas de la Sierra de Pachuca, dando la descripción de las rocas de este Distrito, la que hacemos en un capítulo aparte.

Toda la grande área que comprende el Distrito en cuestión se halla ocupada por una sola clase de rocas eruptivas, en todos los aspectos y variedades de que es suceptible el tipo que es el de las andesitas de piroxena verdes características de las primeras emisiones andesíticas del Mioceno, época á la que ya hemos referido las rocas de la Sierra de Pachuca. En estas rocas por regla general hay una tendencia bien marcada á aproximarse más á la estructura holocristalina, que á degenerar en tipos muy vítreos como es frecuente en nuestras series andesíticas más recientes. También las alteraciones producidas por acciones complexas de dinamo–metamorfismo, son intensas y de tal manera persistentes que si no se tuvieran datos para juzgar de la edad de estas rocas podría atribuirseles una mayor antigüedad, tanta es su semejanza con las rocas ante–terciarias para las cuales la mayor parte de los petrógrafos franceses han aplicado la denominación de porfiritas. Si el término propylita fuese aún bien aceptado, no vacilaríamos en aplicarles este nombre.

Fenómenos de orden diverso han dado lugar á la alteración de estas rocas y obran ya sólo en la superficie, ya á todas las profundidades, por lo que debemos suponer, como lo hemos hecho para las rocas de Pachuca, que hay modificaciones originadas ya por acciones dinamometamórficas, ya por la influencia de los criaderos minerales que en dichas rocas se alojan; y que naturalmente son mayores en la proximidad de las vetas (silicificación, formación de piritas, arcillas, etc.) y por último, descomposiciones por los agentes atmosféricos que han obrado con extraordinaria energía en la superficie del terreno. De aquí nace la denudación tan avanzada, pues que las rocas han sufrido un ataque relativamente rápido. Este trabajo de degradación se percibe aun en los menores detalles del terreno, haciendo ver que de dicho trabajo depende en gran parte la fisonomía actual de la localidad, tal como la pendiente de las montañas, acantilados de las barrancas; la coloración, la abundancia de la vegetación, etc. etc.

Cualquiera que haya sido la manera como estas rocas han debido presentarse en la superficie (cráteres volcánicos sucesivos, ó más bien por largas grietas como lo hemos ya supuesto) ha habido siempre acciones violentas que han motivado durante la erupción, la formación de material detrítico volcánico; brechas y tobas en las que se ve ya la acción puramente ígnea, ya la acción del agua y del trabajo mecánico. Así, por ejemplo, la larga cresta que lleva como cima principal el Zumate con todo el espinazo dentellado que se prolonga sobre la cresta principal, está formada de brechas de andesita con fragmentos de todas dimensiones, aglomerados entre sí y cimentados de tal manera que ello indica una presión fuerte. Estas brechas se disponen en la forma de lechos que provienen más por la ordenación de los fragmentos que las componen que por una real separación en capas, con orientación é inclinación di-

Brecha andesítica del "Zumate."

Dique de "San Estéban."

versas, lo que complica en cierto modo su interpretación. Ya hemos hablado al tratar de la descripción general de la Sierra de Pachuca, de las variadas formas que afectan estas brechas por efecto de la erosión. En la lámina A damos una idea de las peñas del Zumate.

En las rocas macizas, la transformación á arcillas es el último grado de la alteración, para lo cual ha intervenido el poco fierro que contienen ya en la forma de oxídulo negro, ya como piritas de formación original ó secundaria. En las montañas bastante cubiertas de vegetación, el suelo está compuesto de arcillas ferruginosas que resultan de dicha descomposición; y en cuyas tierras aún se descubren en estado terroso y pulverulento los cristales de piroxena pardo-rojizos y los cristales feldespáticos blanquizcos que un lavado continuado de las aguas meteóricas les ha substraído la cal y la sosa dejando como residuo un producto arcilloso. Cuando en las rocas dominan las piroxenas verdes, la alteración ha engendrado cloritas, viridita y abundantes esteatitas en aquellos lugares sometidos á presiones y deslizamientos, ya en la superficie como en el interior sobre todo en su contacto con las vetas metalíferas. En el caso en que las andesitas piroxénicas, en general mas densas, se hallan divididas en lajas, la alteración comienza á producirse por la superficie de separación de ellas sin llegar á penetrar á toda la masa á causa de su gran compacidad. Así, estas rocas han resistido más á la erosión y las vemos en el fondo de las barrancas y limitando las paredes á manera de cantiles.

La mayor parte de los crestones de las vetas metalíferas no son como en Pachuca tan cuarzosos y no afloran naturalmente como crestas. Los minerales como las piritas y el manganeso que siempre existen en los crestones, y fragmentos de roca allí empotrados han facilitado poderosamente la desagregación, lo que ha contribuído, dada la abundancia de las vetas, á uniformar las pendientes. Por ejemplo: cuando un crestón corta transversalmente á uno de los contrafuertes secundarios, se produce casi siempre una depresión, una silla ó un portezuelo, como vulgarmente se llama. El portezuelo del Hiloche, por donde pasa la carretera de Pachuca al Real, está ocupado por el crestón de la gran veta Vizcaina, que corre al E. por la depresión del valle de Tezoantla, separando de la cresta principal parte de los estribos que llevan los cerros del Judío y del Ciprés. La veta de Sta. Inés se marca sobre un portezuelo en el que está el tiro de Dificultad; por último, la veta de Sta. Brígida corre casi en el fondo del arroyo del Real. Como se ve, el curso de las vetas principales de crestones no cuarzosos, define las depresiones del Distrito, mostrando la facilidad de la erosión sobre un material susceptible de una fácil y rápida desagregación. Se comprende por lo dicho cuan difícil será toda tentativa para restaurar el relieve primitivo de la región, que es el que debe darnos una idea de la manera de interpretar los esfuerzos que han dado nacimiento á las fracturas posteriormente llenadas por concresiones minerales; puesto que no nos queda en último análisis, mas que un relieve sumamente atenuado con formas casi exclusivamente dependientes de la erosión.

En los límites del Distrito y sobre la cresta principal, al S.E. del Real, las

andesitas están cubiertas en una área pequeña por rhyolitas ricas en cuarzo libre y escasas en esferolitas con estructura en gruesos bancos ó bien en lajas delgadas. Estas rocas solo forman la parte superior del cerro del Aguila y algunas eminencias vecinas (Lám. C) en la forma de mamelones rocallosos con pendientes abruptas del lado que mira hacia el valle de Tezoantla.

Es indudable que toda la roca proviene de una sola emisión, siendo la erosión la que ha originado el fraccionamiento de la masa; ésta por otra parte no alcanzó una grande extensión. La roca no ha escurrido como corriente sino simplemente ha llenado una ancha grieta. Pero la acción volcánica que determinó la aparición de esta roca, ha debido prolongarse mucho tiempo después de la salida de la lava, á juzgar por la gran masa de tobas sedimentarias que yacen al pié de las Peñas del Aguila, cubriendo parte del valle de Tezoantla desde las faldas de dicho cerro hasta el fondo del valle.

En otra ocasión hemos supuesto que la depresión de Tezoantla que desagua en el arroyo del Real, era una cuenca cerrada cubierta por las aguas de un lago que recibía el contingente de abundantes fuentes termales; cuyas aguas traían en disolución una fuerte cantidad de sílice, que vino á servir de cemento á abundantes tobas quizá simultáneamente arrojadas y que se iban depositando en el fondo de la cuenca en lechos sucesivos. Durante este depósito, cuyo espesor total alcanzó más de 150 metros, á juzgar por la máxima altura á que se encuentran las capas y el fondo del valle, tuvieron lugar recrudescencias periódicas en la actividad de las fuentes, que daban en ciertas épocas mayor cantidad de sílice, como se demuestra por las capas de piedra córnea y jaspe que se intercalan entre los gruesos bancos de toba rhyolítica que allí se encuentran. Es digno de llamar la atención la homogeneidad de las capas de tobas en todo el espesor y la regularidad de su distribución en la vertical.

La sucesión de las capas en orden descendente, es como sigue:

1.—Serie de capas delgadas de toba muy silicificada con grandes granos de cuarzo y capas delgadas de cuarzo córneo ó de jaspe.

2.—Bancos desde $0^{m}30$ hasta $1^{m}00$ de espesor de toba rhyolítica de color blanco ligeramente verdoso de consistencia suficiente para poder usarse como material de construcción.

3.—Capas delgadas de arenisca verdosa y en la base arenisca gruesa y conglomerado rojo y verde.

4.—Bancos de $0^{m}50$ hasta $1^{m}20$ de espesor de toba rhyolítica muy semejante á las capas núm. 2.

5.—Capitas de cuarzo córneo (jaspe) blanco, verde y pardo alternando con lechos delgados de toba menos silicificada.

6.—Gruesos bancos de toba rhyolítica como los de los números 2 y 4, etc.

El conjunto de capas de jaspe y de toba silicificada tienen de 3 á 4 metros y cada grupo de capas de toba rhyolítica tiene hasta 6 y 8 metros lo que permite fácilmente su explotación como materiales de construcción (Lám. C).

También en las faldas meridionales de las peñas del Aguila se encuentran las tobas rhyolíticas con caracteres semejantes á las de Tezoantla. Creemos

Peñas de rhyolita.—Cerro del Aguila.

Canteras de Tezoantla.—Toba rhyolítica.

que su depósito se ha verificado en las mismas condiciones; es decir, en el fondo de un gran circo.

Sea por la forma original de la antigua cuenca que recibía las aguas de Tezoantla, sea por efecto de la erosión, las montañas de andesita inmediatas á las peñas del Aguila, muestran sus flancos con pendiente fuerte hacia la depresión de Tezoantla y menos inclinadas en la vertiente opuesta.

Las rhyolitas no solo se presentan en la forma que hemos indicado, sino también bajo la forma de diques; uno de ellos atraviesa el Distrito en la dirección del NE. al SW., interrumpido más ó menos, según veremos por las vetas metalíferas que caminan con rumbo N.–S., haciéndolo sufrir á veces muy pequeñas dislocaciones. Este dique ha servido también de plano directriz á una importante veta que viene adherida, por decirlo así, á su respaldo bajo.

Más de una vez se ha confundido la roca del dique, que no es absolutamente estéril, con las vetas de la localidad, quizá por la semejanza que tiene con los crestones cuarzosos. El dique de San Esteban, que así se llama, en partes sobresale de la superficie del suelo pudiendo fácilmente identificarse desde cerca de las peñas del Zumate hasta la barranca que pasa por el pie oriental de la peña del Gato en una longitud próximamente de 8 kms. El espesor del dique es muy variable, siendo muy ancho en los límites del Distrito, en donde por ausencia de vetas metalíferas que pudieran tener alguna influencia sobre la roca, ésta conserva con más claridad sus caracteres. En cambio, en la parte media cerca del tiro de Morán y en el fondo del arroyo del Real, es angosto y aparece como una aguda cresta algunos metros arriba del suelo (Lam. B.); la roca es sumamente dura por la gran cantidad de cuarzo que contiene. Aquí el dique se halla fraccionado en varios cuerpos cuyo espesor no excede de 5 ms. Las ramas se desprenden un poco al Norte del tiro de San Esteban para juntarse después del otro lado de la barranca al S. á 600 metros de distancia próximamente. En este lugar el dique afecta la forma de la figura (fig. 1).

(Fig. núm. 1.)

Al paso que en la superficie del terreno el dique se distingue fácilmente de las rocas que lo encajonan, en el interior de las minas se hace en algunos lugares difícil su limitación por la profunda silicificación de las rocas andesíticas del contacto, que es en lo que reside esencialmente el metamorfismo originado por la roca del dique.

En los trabajos hechos en las vetas de Cabrera y de Morán, esta última en contacto con el dique, se pueden estudiar estos cambios.

Debemos hacer mención por último, ya que se trata de dar una idea del conjunto de las rocas eruptivas del Distrito, de las rocas basálticas que se encuentran en la vecindad del pueblo de Omitlán, ya en los últimos contrafuertes de la Sierra. Dichos basaltos vienen, ya en la forma de reventazones ó ya como corrientes de grande extensión y con un aspecto macroscópico enteramente análogo al de los basaltos de las grandes corrientes que yacen abajo de la hacienda de Velasco, en la mesa de Atotonilco el Grande, etc., y que representan, como ya lo hemos dicho al hablar del Distrito de Pachuca, el último término de la serie de erupciones á que ha estado sometida la región, cuya serie por su orden cronológico se resume en tres términos: andesitas, rhyolitas y basaltos.

CAPITULO II.

LAS VETAS.

Las vetas del Distrito del Real del Monte, sin ser tan numerosas como en Pachuca, no son menos importantes desde el punto de vista industrial, pues la producción de metales y su riqueza ha influído poderosamente en las cifras de producción total de plata de la República, durante los años que precedieron á la Independencia y en varias épocas de este siglo. La enormidad de los trabajos subterráneos emprendidos allí, tanto para la explotación como en obras auxiliares, son prueba evidente del apogeo que han alcanzado las minas á medida que se han ido descubriendo las ricas bonanzas.

Desgraciadamente nuestro estudio se ha hecho en los días en que se sentía en aquel Distrito una cierta decadencia, originada por la incompetencia de los medios que se tenían para verificar el desagüe, ahora que la explotación ha abarcado un radio más extenso y que se había llegado á las profundidades donde el agua se mantenía en su nivel á despecho del activo trabajo de una de las bombas más grandes que se conocen. La situación topográfica del Real, la falta de una vía férrea, etc., hacen la explotación de las minas poco económica, difícil y que reclama una administración complicada. Igualmente la necesidad de poner al servicio y conservación las obras antiguas más ó menos destruídas y por regla general mal trazadas, ha introducido nuevas complicaciones en ciertas partes de la explotación.

El Real del Monte ha adquirido su importancia por la riqueza y abundancia de metales en tres de sus grandes vetas, conocidas con los nombres de "veta Vizcaina," "Santa Inés" y "Santa Brígida;" estas dos últimas casi paralelas en un largo tramo y la primera formando con ellas ángulos respectivamente de 75° y 80°. Estas vetas nos presentan numerosos accidentes, tales como cambios notables de potencia, bifurcaciones en arco, ramificaciones, etc.

Si se toman en conjunto todas las vetas del Distrito, se ve que hay dos di-

recciones predominantes según las cuales se orientan definiendo una red casi ortogonal.

La veta Vizcaina, la principal de las que llevan el rumbo E.–W., viene desde Pachuca, corta oblicuamente la cresta de la Sierra en el portezuelo del Hiloche y se prolonga hasta más allá del de Tezoantla, abajo del cual se pierde oculta por las rocas basálticas de la base de la Sierra en sus flancos orientales. El trayecto de la veta Vizcaina se nota en la superficie del terreno en este Distrito (4 kms. próximamente) por numerosos tiros y por las construcciones levantadas en cada uno de ellos; y en los intervalos, por la coloración peculiar amarillenta del suelo por donde pasa el crestón, que está formado de cuarzo, óxidos ferruginosos y arcillas que provienen de la descomposición de la roca de los respaldos. El aspecto del crestón es semejante al que tiene esta misma veta en el Distrito de Pachuca, solamente que en el Real la descomposición de la roca vecina á la veta es más avanzada y se extiende en una superficie mayor, lo que proviene de una bifurcación importante que tiene lugar muy cerca del paso de la veta por el portezuelo del Hiloche, dividiéndose en dos ramas muy próximas; una de ellas conserva el nombre de Vizcaina, la más importante, y la otra el de Tapona, uniéndose varias veces las dos como sucede cerca de los tiros de Terreros y de San Patricio.

La veta de Santa Brígida ha sido trabajada en una extensión de más de 1,500 ms. al partir de su cruzamiento con la veta Vizcaina al SW. del Distrito. En un gran trayecto consiste de un solo cuerpo, pero cerca del tiro de Acosta se divide en varios ramales que divergen notablemente y cuya diferente dirección ha dado lugar á suponer que alguno de estos ramales son vetas distintas que vendrían á cortar á la de Santa Brígida.

El caso puede efectivamente ser cierto para la veta llamada de la Gran Compaña, que cruza á la veta de Santa Brígida cerca del sitio donde se hacen las ramificaciones. La prolongación de la veta de Gran Compaña, después de su cruzamiento con la de Santa Brígida, se llama veta de San Pedro y San Pablo.

En la proximidad del tiro de Acosta la veta de Santa Brígida es notablemente robusta y se halla de tal manera agrietado el cuarzo, con relices en todas direcciones, que no es posible cerciorarse del modo según el cual se hace el cruzamiento de las dos vetas citadas. Casi en el mismo punto donde cruza la veta de Gran Compaña, la veta de Santa Brígida se divide en dos gruesas ramas que prontamente se apartan una de otra. El ramal occidental pasa por el tiro de Resquicio con buenos metales en sus planes y se llama veta de Resquicio, la que á su vez se ha dividido en dos, un poco después que se separa del cuerpo de Santa Brígida, y en el cual se han hecho los labrados de la mina del Manzano.

El ramal oriental es llamado veta de Escobar, que se interrumpe bruscamente hacia el E., sufriendo una dislocación cuya amplitud no se conoce todavía.

Desgraciadamente en las cercanías del tiro de Acosta, donde hemos dicho

que se verifican el cruzamiento y ramificaciones, la antigüedad de las obras subterráneas, la excesiva humedad y las mamposterías no permiten la observación clara de esos accidentes.

Al N. del dique de San Esteban se ha explotado un robusto cuerpo de veta notablemente rico, que ha subvenido, por decirlo así, en estos últimos años, á las necesidades industriales del Real del Monte. Los trabajos interiores han pasado ya el dique, continuándose dichos trabajos con fruto después del cruzamiento. La veta ha pasado casi sin producir dislocación. La veta de Cabrera, así llamada, no es más que la veta de Escobar dividida en dos partes por una gran dislocación.

La veta de Santa Inés, al W. de la veta de Santa Brígida, se halla labrada en una longitud aproximada de 2 kms., desde su cruzamiento con la veta Vizcaina, en cuya intersección se encuentra el tiro antiguo de Terreros, lugar que fué bastante rico, hasta el N. del tiro de Tejocote. Dicha veta de Santa Inés, una de las más robustas del Distrito, no se ramifica como la veta de Santa Brígida en elementos divergentes, pero sí en grandes cuerpos separados por angostos caballos en forma de lentes que se suceden los unos á los otros, sobre todo en las regiones más bonancibles de la veta; tal es el caso para el espacio comprendido entre los tiros de Terreros y Carretera, San Ignacio y Dificultad.

A más de estas vetas que consideramos como las principales del Distrito, debemos mencionar la veta de Morán, paralela y en contacto con el dique de San Esteban y conocida en una longitud de 800 metros, pero que se prolonga en una extensión mayor, como se puede ver por el crestón. Sufre varias ramificaciones hacia el W. sobre las cuales se labran los tiros de San Esteban, Carolina, etc. En el espacio comprendido entre la veta Vizcaina y la de Morán se encuentran angostas vetillas, poco exploradas y de ninguna importancia industrial, que están orientadas oblicuamente con respecto á las vetas principales N.–S.; tales son las vetillas de Vargas, La Cuchara, San Luis, etc., tan delgadas á veces que su presencia sólo se nota por unos cuantos centímetros de cuarzo y poca roca de los respaldos alterada, reducida á arcillas esteatitosas, que se conocen en el Distrito con el nombre de *lamas*, de color generalmente blanco–verdoso y con pyritas las más veces. Esta desagregación de la roca indica que ha habido fenómenos de deslizamiento y fuertes presiones según estos planos de fractura.

A este mismo grupo de vetas de orientación vecina E.–W., pertenece un gran número de otras al N.–E. del dique de Morán, entre las cuales se encuentran las vetas de San Felipe, de Maravillas, etc.

Muchas vetas se descubren afuera del cuadrilátero formado por las de Santa Inés, Morán, Santa Brígida y Vizcaina que no tienen hasta hoy trabajos en grande escala, que no han sido tampoco muy productivas.

El plano de las proyecciones horizontales de los labrados de las minas, que adjuntamos, da una idea de la red metalífera del Real del Monte. La dificultad que existe para descubrir los crestones de las vetas nos ha impedido se-

guir exactamente su trazo en la superficie del suelo. El trazo que de dichos crestones hacemos, es solamente aproximado.

El gran socavón del Aviadero por donde se hace actualmente el desagüe de las minas, pone en comunicación las principales vetas, pudiéndose estudiar sobre él muchas de las bifurcaciones y otros accidentes, hasta donde lo permiten los grandes tramos cubiertos de gruesas mamposterías.

Respecto á la potencia de las vetas, debemos hacer constar que varía considerablemente de un punto á otro en cada veta, y que como en las vetas de Pachuca, en los ensanchamientos y bifurcaciones se encuentran generalmente las bonanzas que tienen por lo tanto en su extensión longitudinal la forma de lentes.

La veta Vizcaina tiene un espesor que oscila entre 15 y 2 ms., la de Santa Inés ha alcanzado en sus bonanzas hasta 40 ms. de potencia, comprendiendo los caballos de roca estéril que se interponen entre los diferentes cuerpos en que se divide; la de Santa Brígida tiene 10 ms. en las bonanzas entre el tiro de Dolores y el de Acosta. En el ramal de esta veta, conocido con el nombre de Cabrera, llega á tener hasta 15 ms. en la bonanza disfrutada sobre el tiro de Cabrera, reduciéndose á menos de 1 m. en sus partes estériles. Por último; la veta de Morán, no menos rica que las anteriores, sólo tiene 7 ms. de espesor, quedando abajo de esta cifra la potencia de las otras vetas que se hallan fuera del gran cuadrilátero que hemos citado.

De las vetas con rumbo medio, próximo á la línea N.-S., tales como Santa Inés y Santa Brígida, la una tiene su echado hacia el E. y la otra hacia el W., son muy paradas, pues oscilan entre 75° hasta la vertical, siendo 85° el echado más frecuente. El echado más común de la veta Vizcaina es hacia el S., lo mismo que el de sus ramales Tapona y Resurrección; la veta de Morán tiene su echado al N. con valor medio de 80°, habiendo igualmente tramos próximos á la vertical. Para la mayor parte de las vetas, las regiones bonancibles coinciden ordinariamente con un aumento del echado, es decir, que en estos lugares son casi verticales.

Una vez expuestas estas ideas generales, ocupémonos de la naturaleza de los minerales que contienen las vetas y de las particularidades que ofrece el relleno metalífero.

Composición de las vetas.—A despecho de la enorme extensión de los trabajos subterráneos en las minas del Real del Monte, los datos que poseemos sobre la estructura y composición de las vetas metalíferas, son insuficientes é incompletos á causa de la pequeñez de los trabajos de explotación actual; pues ya hemos dicho que en estos últimos años este Distrito ha sufrido una baja considerable en el monto de su producción, quedando sólo como prueba de su apogeo grandes comidos y galerías amplias en los sitios donde fueron extraídas colosales bonanzas desde los primeros años del siglo XVIII. Sin embargo, lo poco que hemos podído observar y la homología de las vetas de este Distrito con algunas de las de Pachuca, nos permitirán á grandes rasgos el estudio de la composición de cada una de las vetas del Real del Monte.

Veta Vizcaina.—La veta Vizcaina ha sido trabajada hasta una profundidad de 400 ms. No hay actualmente otros trabajos que los de limpia y disfrute en los labrados antiguos, y solamente en la proximidad del tiro de Terreros, donde han sido encontrados metales de buena ley, resto de una bonanza hace tiempo disfrutada.

Por dos puntos es ahora fácilmente accesible esta veta: por el cañón 400 metros sobre la veta de Santa Inés que llega al tiro de Terreros, labrado en el lugar donde se cruzan las dos vetas, y por el tiro de Dolores en donde se cruza la Vizcaina con la veta de Santa Brígida. En ambos lugares se puede observar la semejanza que tiene el relleno cuarzoso de estas vetas. Ningún hecho notable se verifica en el cruzamiento, á no ser la trituración del cuarzo, reducido á pequeños fragmentos y la división del cuerpo de la Vizcaina en tablas paralelas á los respaldos, con planos de saparación indicados por los óxidos ferruginosos que rellenan las grietas, dando la apariencia de una interrupción de las vetas de Santa Brígida y de Santa Inés. Esta última veta al cruzarse con la Vizcaina, dió una importante bonanza.

El cuarzo de la veta Vizcaina es de un color blanco lechoso, dividido casi siempre en pequeños fragmentos ó totalmente remolido y mezclado á óxidos ferruginosos. En las partes compactas y donde el cuarzo no está triturado, la masa tiene un aspecto brechiforme, pues se distinguen fragmentos de cuarzo empastados y cimentados por otro algo más hialino. Así hemos visto también en la mina de San Rafael, en Pachuca, sobre la misma veta Vizcaina, el relleno principal de la veta. En las labores recientemente abiertas cerca del tiro de Terreros, el cuarzo viene acompañado de blenda negra de grano grueso, galena de grano fino argentífera, pyrita, chalcopyrita y una materia terrosa blanco-amarillenta que parece ser un silicato de manganeso. Estos metales extraídos de la profundidad de 400 ms. abajo de la boca del tiro de Dificultad, contienen pocos óxidos de fierro y casi nada de óxidos de manganeso.[1] Respecto á la roca de los respaldos, partes se muestran duras por el cuarzo que las impregna y partes terrosas de color verde llamadas lamas, las que algunas veces están impregnadas de mineral. Estas tierras resultan de la trituración de las rocas por acciones de presión y quizá también por movimientos de deslizamiento, como lo hemos hecho ya notar para los respaldos de algunas de las vetas de Pachuca.

Veta de Morán.—Esta veta, como la de Vizcaina, del grupo E.-W., está adherida al dique de San Esteban. No se hacen en ella hoy trabajos importantes de explotación, excepto en los cañones que se labran en el cruzamiento con la veta de Cabrera. En este lugar la veta sólo tiene 1,50 m. de potencia, penetrando la mineralización á veces en las grietas y aun en la masa de la

1 Burkart refiere en su libro (Aufenthalt und Reisen in Mexico, Stuttgart, 1836), al hablar de la Vizcaina, que esta veta tiene en partes cuarzo ametista, plata nativa, argentita, plata agria y rosicler (pyrargyrita). Hasta ahora no hemos podido ver en ninguno de los dos Distritos la plata roja ó rosicler.

roca del dique. El cuarzo que la compone es más hialino y compacto que el de la Vizcaina y los minerales que contiene generalmente están en cintas que alternan con cuarzo puro, distinguiéndose desde luego la pyrita en gruesos granos, blenda y galena argentífera. Debe notarse que esta veta no contiene ni silicatos ni óxidos de manganeso en proporciones respetables, los que son tan abundantes en la veta de Cabrera, la que al cruzarse con una de las ramas del dique y con la veta de Morán pierde su individualidad; resultando una mezcla confusa de fragmentos de roca del dique, y de cuarzo y mineral de las dos vetas.

A esta misma composición mineral responden las otras vetas de menor importancia paralelas á la de Morán, tales como San Felipe, la de Maravillas, Rica, etc., así como sus varios ramales. La pequeña extensión de los trabajos de explotación que en ellas se han hecho demuestran su pobreza, y es bien sabido cuánta es la desconfianza que tienen los mineros del Real para emprender obras formales en las vetas paralelas y al N. de la de Morán.

Las vetillas transversales comprendidas dentro del cuadrilátero, como la de Vargas, San Luis, etc., se encuentran en el mismo caso; en éstas la roca que les sirve de caja está completamente reducida á lamas; el cuarzo en angostas cintas es hialino como el de Morán y la mineralización, que consiste de galena y blenda, es poco argentífera. Algunas veces el cuarzo y el escaso mineral parecen ser productos de formación muy reciente.

Nosotros creemos, como lo decimos en otra parte, que estas vetillas fueron primeramente simples fracturas del terreno producidas después de verificado el relleno de las vetas, y según las cuales ha habido pequeños movimientos de deslizamiento que han triturado la roca. Quizá transportes mecánicos de las vetas y aguas circulantes han depositado en estas angostas grietas el cuarzo y los pocos minerales que contienen.

Veta de Santa Inés.—Las vetas del grupo N.-S. tienen en casi todo su curso una grande semejanza entre sí. Nos ocuparemos desde luego de la veta de Santa Inés, que tiene cañones á 400 metros de profundidad en una longitud de cerca de 1,500 metros. Activos trabajos de explotación han agotado casi sus bonanzas hasta el nivel en que pueden mantenerse actualmente las aguas. La región bonancible se encuentra en un espacio relativamente corto de la veta, comprendido desde su cruzamiento con la veta de Vizcaina hasta un poco más allá del tiro de Dificultad. El servicio de extracción, desagüe y movimiento de operarios en esta región se hace por tres tiros principalmente: Carretera, San Ignacio y Dificultad. Dos bonanzas han sido disfrutadas aquí: la bonanza de Carretera en el espacio comprendido entre el cruzamiento de la Vizcaina y el tiro de Carretera, y la de San Ignacio entre el tiro de este nombre y el de Dificultad al S. de este tiro. Las dos se prolongan á una profundidad mayor de 400 metros y fueron descubiertas poco más ó menos á 100 metros abajo de la superficie.

Santa Inés, notablemente ensanchada en las partes bonancibles y separada en varios cuerpos con lentes gruesos de roca intercalados, no siempre mues-

tra sus respaldos claros, sino que las matrices de la veta, que son el cuarzo y el silicato de manganeso, impregnan más ó menos á la roca, ó ésta se ve cruzada por venillas de estos minerales en todas direcciones, aislando la roca en grandes fragmentos angulosos dando un aspecto brechiforme. En los grandes pilares que sostienen los extensos salones y galerías de disfrute, se ven las masas de cuarzo de la veta divididos en tablas paralelas á la dirección general, y en las superficies de separación descubiertas, tienen la apariencia de colosales dendritas, indicando que su depósito es reciente engendrado por las aguas de infiltración.

Respecto á la mineralización, en los lugares donde nos ha sido accesible, se puede notar que no siempre se hace en la forma regular de una concreción. El cuarzo puro, blanco lechoso, es atravesado en todas direcciones por angostas venillas de sulfuros negros argentíferos, ó bien en puntos y moscas irregularmente diseminadas como si la matriz y el mineral hubiesen sido depositados simultáneamente. Tanto en las venillas de mineral como en el cuarzo, se encuentra el silicato de manganeso (la rodonita), de color rosado, también en masas irregulares á veces llenando los espacios restantes á manera de un relleno intersticial, caso que se presenta también en las vetas de Pachuca.

La calcita no forma parte integrante de la veta de Santa Inés y su presencia es enteramente accidental, lo mismo que para todas las vetas del Distrito. Cuando se encuentran geodas, lo que es frecuente, están tapizadas de hermosos cristales de cuarzo hialino y sobre ellos cristales de calcita, así como manganocalcita en riñones y rodocrosita en bien formados cristales encarnados.

Respecto á la profundidad hasta la cual avanza la zona de oxidación en esta veta, es muy variable para cada lugar y se caracteriza por la presencia de abundantes óxidos de fierro y de manganeso más ó menos terrosos, que dan á los metales un aspecto peculiar, aplicándoseles el nombre de quemazones.

Los óxidos de manganeso (mezcla de manganita, pyrolusita, wad) provienen de la descomposición de la rodonita. La quemazón es casi siempre acompañada de una materia terrosa blanca, de naturaleza arcillosa, que parece ser el residuo que resulta de la transformación del silicato en óxidos. La rodonita en vías de alteración da una masa dura de color amarillo pajizo, que se observa en todos los lugares en donde por la acción del agua dicha descomposición se verifica. En la zona de oxidación, la rodonita sólo existe accidentalmente y va siendo más abundante á medida que se acerca á la región substraída á las acciones exteriores bajo el nivel hidrostático.

De los minerales útiles que entran en la composición de esta veta, citaremos: la pyrita de fierro no muy abundante tanto en el cuerpo de la veta como en la masa de las rocas con las que se halla en contacto y bajo la forma de pequeños cristales; la chalcopyrita, menos abundante que la pyrita, que da por descomposición carbonato de cobre verde. Estos minerales son más frecuentes en las partes profundas de la veta. Vienen también la galena gruesa y pobre, ó de grano fino y muy argentífera, á la que se mezcla la blenda.

Cuando este mineral se presenta juntamente con la galena en grandes masas de crucero, tiene una ley más baja que no costea los gastos de explotación. Por último; como minerales de plata se encuentran la argentita y la polybasita mezcladas á los otros minerales. En los lugares en donde abundan las quemazones se puede ver con frecuencia la plata nativa en delgadas hojillas.

Veta de Santa Brígida.—En el trayecto que media entre el cruzamiento de esta veta con la Vizcaina y el tiro de Acosta, donde hemos dicho que se ramifica, tiene numerosos ensanchamientos y estrangulamientos: se reduce á sólo unos cuantos centímetros y aumenta hasta 10 metros en sus partes bonancibles. Se divide como la de Santa Inés en cuerpos separados por angostos lentes de roca. Estos accidentes, al paso que cambios de dirección y variaciones en el echado, hacen su curso sinuoso. En su mineralización es también semejante á la de Santa Inés, y no habremos de repetir todo lo que hemos dicho á propósito de esta veta, pues que aun fuera de la sucesión y naturaleza de los minerales y matrices, los accidentes, tales como la estructura brechiforme, la pyritización y silicificación de las rocas de los respaldos, son enteramente iguales, sí las dimensiones y número de las bonanzas ha sido menor. Desgraciadamente en la longitud mencionada, del tiro de Dolores al de Acosta, no existen actualmente trabajos de explotación, y sólo es posible asegurarse de la composición de la veta en algunos pilares ó en las paredes de las extensas galerías en el sitio de las bonanzas, parte de las cuales quedan aún sin explotar yaciendo bajo el nivel de las aguas.

En una gran parte de esta veta y en sus ramales de Escobar, de Resquicio y de Cabrera, ha tenido lugar la apertura de una grieta en época posterior al relleno de la fractura primitiva. La abra, como se le llama en el Distrito, corre paralela á las vetas; ya va en su medio, ya próxima á uno ú otro respaldo aislando así las vetas de la roca empotrante ó dividiéndolas en dos.

Dicha abra irregular y sinuosa, varía desde una simple rendija hasta una cavidad de la amplitud de un cañón; unas veces hueca y otras rellenada con arcillas muy remolidas (lamas) teñidas en pardo por óxidos de fierro ó negras á causa de la gran cantidad de óxidos de manganeso que contienen. Las lamas llevan casi siempre minerales triturados y por lo tanto son más ó menos argentíferas. Envueltas por estas grandes masas arcillosas, hechas pastosas por la gran cantidad de agua que las impregna, se encuentran fragmentos de todas dimensiones, angulosos, con aristas vivas ó arredondados como bolas y que son desprendidos de la roca de los respaldos, así como de las vetas, pues no es raro ver trozos de cuarzo más ó menos mineralizado.

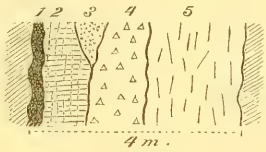
Se comprende fácilmente las dificultades que trae consigo la existencia de estas grietas durante la explotación, pues que demanda en muchos casos una seria fortificación. Las lamas escurren como una masa pastosa dejando libres los fragmentos de roca retenidos contra las paredes de la abra, dispuestos á caer aun por la simple vibración de la roca cuando se disparan los barrenos, constituyendo una amenaza constante para las obras de fortificación y para las vidas de los operarios.

La apertura de estas grietas, muy posterior á la época del relleno y formación de las vetas, ha facilitado en alto grado los fenómenos de oxidación; acciones mecánicas intensas han modificado la primitiva distribución del mineral.

Naturalmente la zona de oxidación de los criaderos, á más de ser más profunda que en las otras vetas de Real del Monte, es mucho más irregular, al mismo tiempo que la repartición del mineral cambia. En vez de concentrarse, como es frecuente en esta región, en masas aisladas ricas, es decir, en bonanzas, el transporte del mineral, una especie de concentración mecánica y aun una redeposición química determinada por las aguas, han hecho hasta cierto punto difusa la distribución. Este fenómeno se observa con facilidad en algunos tramos de la veta de Escobar; es menos claro en la de Cabrera y en la veta de Resquicio.

Veta de Escobar.—Varía en espesor desde $0^{m}.50$ hasta $6^{m}.00$.

En el cañón 200 metros se tiene la veta como sigue, en un espesor de 4 metros: Fig. 2.



(Fig. 2.)

1.—Cuarzo remolido y óxidos de manganeso (lamas).

2.—Arcillas ferruginosas, cuarzo remolido y óxidos de manganeso.

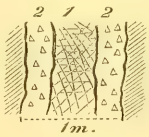
3.—Cuña de cuarzo macizo con sulfuros argentíferos y pyrita.

4.—Cuarzo macizo, cuarzo remolido, quemazones, óxidos de fierro y sulfuros negros.

5.—Rodonita maciza, quemazones y sulfuros negros.

Como se ve, en esta veta, la existencia de una grieta rellenada posteriormente con material de trituración en que domina el cuarzo remolido, las arcillas y la quemazón, han modificado notablemente la estructura de la veta.

Una estructura más regular se encuentra en otras partes como en el cañón 155 m. en que la abra queda en el medio de la veta. Fig. 3.



(Fig. 3.)

1.—Lamas formadas de cuarzo remolido, óxidos de fierro y manganeso con ley de plata.

2–2.—Cuarzo compacto, galena, blenda de grandes cruceros (metal poco argentífero llamado espejuelo).

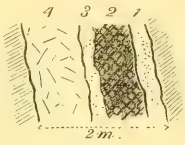
Un poco más adelante, en el mismo cañón, la veta de Escobar tiene una estructura brechiforme, pues en la masa de cuarzo y de rodonita quedaron empotrados fragmentos angulosos de la roca de los respaldos notablemente impregnados de sílice.

Con alguna frecuencia se encuentran en la vecindad de los respaldos, penetraciones irregulares del relleno de la veta en la masa de las rocas; un ejemplo claro se muestra en la fig. 4.

(Fig. 4.)

1.—Cuarzo compacto y rodonita algo terrosa.
2.—Oxidos de manganeso producidos por la alteración del silicato.
3.—Roca de los respaldos muy impregnada de sílice.

Vetas de Resquicio y del Manzano.—Estos ramales de la veta de Santa Brígida presentan en las regiones mineralizadas conocidas, una composición diferente de la de la veta de Escobar, diferencia caracterizada por la pequeña cantidad de silicato de manganeso que contiene y por la ausencia de quemazones. Al S. del tiro de Resquicio, donde existe actualmente buen metal, la veta, con espesor muy variable, tiene una estructura como sigue: Fig. 5.



(Fig. 5.)

1.—Cintas de metal muy rico compuestas de cuarzo macizo, pyrita, blenda, galena, plata nativa en hilos y pintas de minerales de cobre.
2.—Abra rellenada con fragmentos de roca de los respaldos y de gran cantidad de cuarzo y de arcillas ferruginosas.
3.—Cinta de metal rico como el del número 1.
4.—Cuarzo macizo con un poco de silicato de manganeso y pyrita.

Esta composición da una idea de la variación en profundidad de la zona de oxidación, pues el corte adjunto tomado al mismo nivel que los anteriormente citados de la veta de Escobar, pertenece más bien por su composición á la zona profunda.

Es de notar que aquellos metales en cuya composición viene gran cantidad de blenda con grandes cruceros, son por regla general muy pobres en plata ó de una ley muy variable, difícil de estimar aproximadamente como base para las otras clases de metales durante la pepena. Estos metales blendosos que también llevan frecuentemente galena en grandes cruceros (espejuelo), los hay en casi todas las vetas del Distrito, pero los hemos visto particularmente abundantes en la veta del Manzano; cuerpo robusto y formal que se explota actualmente en pequeña escala. Como en la mina de Resquicio, esta veta á la profundidad de 130 metros ya no contiene quemazón. La veta tiene un echado muy constante de 75° al O.; es cruzada por una delgada vetilla con el mismo aspecto que tienen en todas partes del Distrito las vetillas transversales, constituídas solamente por una cinta de cuarzo estéril empotrado en roca sumamente alterada y arcillosa.

La composición y estructura de la veta es igual en todo el espacio visible en sus cañones y á todos sus niveles, de los cuales el más profundo está á 200 metros.

Un corte transversal del alto hacia el bajo de la veta nos muestra la siguiente ordenación:

1.—Fragmentos angulosos de la roca de los respaldos más ó menos silicificados, empastados en una masa de cuarzo y de un poco de silicato de manganeso con poca pyrita.

2.—Cuerpo de cuarzo algo remolido con venillas de silicato de manganeso, moscas y puntos de sulfuros argentíferos.

3.—Cinta formada de pyrita, blenda parda y negra, galena y plata nativa á veces mezclada con cuarzo. Esta cinta ocupa el medio de la veta; es como el último producto del relleno metalífero durante la concreción.

4.—Cuerpo brechiforme formado de fragmentos angulosos de cuarzo blanco empastado por cuarzo ligeramente gris ó ahumado, en el que viene á veces galena y blenda.

5.—Cuerpo formado de cuarzo muy duro, gris, con algo de pyrita.

Esta ordenación irregular de los cuerpos de la veta del Manzano se hace á veces simétrica con relación á los respaldos, como puede verse en el extre-

(Fig. 6.)

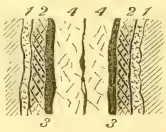
mo N. del cañón 165 m. En efecto, pegados á la roca (fig. 6) y en transición vienen los cuerpos 1–1 de cuarzo gris con fragmentos de la roca de los respaldos; hacia el interior los cuerpos 2–2 de cuarzo puro, macizo, con pintas de pyrita y en el centro la cinta 3 de cuarzo, galena y blenda,

Es muy importante notar que en esta veta hay dos venidas de cuarzo bien claras y que la galena y la blenda (generalmente poco argentíferas) han venido como un depósito final del relleno de la veta.

Es posible que la formación de la cinta 3 sea muy posterior á las de las 1 y 2, para lo cual debió producirse primero una reabertura.

Veta de Cabrera.—Esta veta es la prolongación de la veta de Escobar como se observa en el plano. En ella se tienen en la actualidad los trabajos más importantes de Real del Monte, y las necesidades crecientes de su explotación y desagüe como centro para nuevas investigaciones en esta región de porvenir, han decidido á la Compañía á la apertura de un nuevo tiro. La bonanza fué descubierta á profundidad relativamente corta y proseguida con pocas variaciones de riqueza hasta 200 m. de profundidad, en donde aún no se llega á su límite. Esta poderosa veta tiene un rumbo muy variable pero cercano á la línea N.S., con fuerte echado hacia el W. ó casi vertical, con un espesor que varía entre 9 m. y $0^{m}.50$. La división de la veta en dos ó tres cuerpos paralelos separados por lentes de andesita es muy frecuente. Presenta de ordinario los càracteres comunes á todos los ramales de la veta de Santa Brígida, tales como el paso insensible de la veta á la roca de los respaldos, la silicificación de la roca más bien que la alteración en productos arcillosos, la presencia constante del silicato de manganeso y una abra importante á lo largo de la veta, tal como se observa en la veta de Escobar.

La distribución del mineral se hace con frecuencia de una manera regular, en cintas de concreción paralelas á los respaldos cuando éstos se presentan claros. En algunos lugares, la composición es más completa; obtenemos el corte siguiente en el cañón 180 m. (Fig. 7):



(Fig. 7.)

1–1. Cuarzo, sulfuros negros argentíferos y pyritas.

2–2. Cuarzo algo cariado, sulfuros negros, pyrita y chalcopyrita.

3–3. Galena.

4–4. Cuarzo, sulfuros negros argentíferos en puntos y moscas, algo de silicato de manganeso, pyrita y chalcopyrita.

Pero esta mineralización está lejos de ser constante en toda la longitud de la veta y en sus diversos niveles, tanto á causa de la alteración, como por la ausencia de algunos de los minerales que hemos citado.

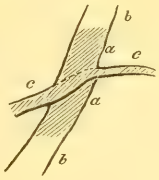
La principal bonanza de Cabrera explotada desde cerca de la superficie, casi sobre el tiro de Cabrera, en la forma de una chimenea vertical, se ha caracterizado por la abundancia de la rodonita de hermoso color rosado, por

los óxidos de manganeso (quemazones) en la zona de oxidación y por el sulfuro de plata íntimamente mezclado á estos minerales y al cuarzo que forma la matriz principal. Las quemazones se han presentado con bastante irregularidad según los lugares por donde tienen más acceso las aguas de infiltración. El carbonato de cal entra en pequeñas cantidades, ya en cintas siguiendo angostas grietas, ya tapizando las geodas en grandes cristales juntamente con la rodocrosita y la manganocalcita. La alteración de la chalcopyrita ha dado nacimiento al cobre abigarrado y á carbonatos de cobre azules y verdes. Por último, accesoriamente se encuentran al lado de la rodocrosita, la xonaltita y la bustamita, es decir, silicatos de manganeso calcíferos; plata nativa en hilos y chapitas y pequeñas cantidades de blenda.

La veta de Cabrera nos muestra los mismos accidentes que los otros ramales de la gran veta de Santa Brígida, teniendo aquí mayor interés. Estos accidentes son: la abra, el paso de vetillas angostas transversales, el cruzamiento de esta veta con la de Morán y su paso á través del dique de San Esteban.

Las vetillas transversales que cortan á la veta de Cabrera, bien que formadas de cuarzo hialino, no son más que planos de fractura ó superficies de fricción. La roca muy alterada se halla reducida á lamas.

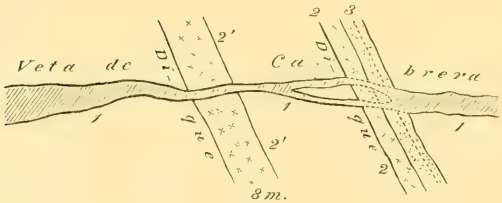
Una de estas vetillas al cortar la veta de Cabrera ha originado en ésta, no sólo una interrupción, sino que la ha fraccionado en pedazos, como se ve en el cañón 180 m. al S. del tiro de Cabrera. Otra vetilla en ángulo agudo con la de Cabrera, al cortarla hace una ondulación. Las partes vecinas de la veta de Cabrera llevan una mineralización excepcional, consistente en una masa formada de cuarzo, pyrita en cristales grandes y blenda parda también bien cristalizada. En esta porción la rodonita no existe y los minerales citados casi no contienen plata. (Fig. 8.)



(Fig. 8.)

a–a. Veta de Cabrera mineralizada en pyritas y blendas estériles.
b–b. Veta de Cabrera con su composición normal.
c–c. Vetilla transversal con cuarzo, pyrita y blenda.

En este lugar las vetas de Cabrera y de Morán se confunden; el cuarzo está muy agrietado, al que se mezclan pedazos de la roca del dique mostrando que ha habido remociones. Más adelante, por otro ramal del dique pasa sin interrupción la veta de Cabrera. La figura adjunta da una idea de estos cruzamientos.



(Fig. 9.)

1–1. Veta de Cabrera.
2–2'. Diques de San Esteban.
3. Veta de Morán, dos cintas de cuarzo con poco mineral.

De lo expuesto en la figura resulta que el dique de San Esteban existía ya antes de la formación de las vetas, pues el paso de la veta de Cabrera por la rama 2' del dique, es bastante clara y bien marcada. En la rama 2 la influencia del relleno cuarzoso de la veta de Morán que ha silicificado al dique, ha cambiado también y hecho confuso el paso de la veta de Cabrera. Esta no tiene aquí silicato de manganeso y sólo es perceptible la ruptura del dique por los fragmentos de la roca del mismo dique empastados por venillas de cuarzo puro. Desgraciadamente no pudimos observar estos cruzamientos en otros niveles ó cañones.

Por alteración de la roca andesítica en contacto con el dique así como por acciones de silicificación, es difícil precisar exactamente la superficie de contacto de las dos rocas; este paso insensible se ve también en la región de la veta de Escobar, en donde la presencia del dique sólo se nota por la interrupción franca de la veta.

Tanto al N. como al S. del dique de San Esteban la veta de Cabrera en sus partes ensanchadas y en uno ú otro de sus ramales existe la abra de que ya hemos hablado, la que tiene en partes una amplitud hasta de 2 metros, obstruída por tierras arcillosas (lamas) teñidas en negro por óxidos de manganeso y minerales de plata. Las tierras sirven de cemento á fragmentos de la roca de los respaldos y á trozos más ó menos grandes de cuarzo mineralizado, indicando que ha habido una acción prolongada de las aguas y también un transporte más ó menos largo.

Se han encontrado en algunas partes de la abra, sobre todo en la proximidad del dique, grandes bolas y trozos de todos tamaños de la roca del dique envueltos por lamas manganosas ricas y cuarzo mineralizado. Estos fragmentos del dique, muchos de ellos con superficies pulidas, tienen minerales argentíferos y blenda, depositados en la superficie, en venillas, en angostas grietas y también en geodas en el interior de los fragmentos. La roca del dique muy silicificada, ha acentuado la estructura en bandas que en otros lugares tiene, algunas veces hasta desprenderse en delgadas capitas. La manera como se presentan estas curiosas masas y las modificaciones mecánicas

y químicas, visibles en la naturaleza y estructura de la roca, nos hacen prever que la acción de las aguas de infiltración, en presencia de los minerales durante la formación de las vetas de Morán y de Cabrera, han operado estos cambios; y que á la apertura de la abra seguía naturalmente el despedazamiento de las paredes y el desplome de fragmentos que arredondaban sus aristas y quedando suspendidos á diferentes alturas. La forma de algunos fragmentos hace ver que han sufrido un transporte prolongado y acción continua de las aguas. Por otra parte, la tendencia de la abra á cerrarse por un fenómeno de reajuste, ha sometido todo su relleno á una fuerte compresión. Es indudable, á juzgar por los cambios que el microscopio revela en los fragmentos de la roca del dique que rellenan la cavidad y aun por la mineralización que los reviste, que son particularmente de las acciones químicas que depende la transformación de la roca de estas curiosas masas.

Distribución de la riqueza.—Mejor que una descripción de la situación de las bonanzas y de sus dimensiones, el plano de la proyección vertical de los labrados de las minas dará una idea de ellas. Desgraciadamente no hemos podido obtener datos suficientes para marcar en dicha proyección los laboríos de disfrute más antiguos y por lo tanto más inmediatos á la superficie; que aunque no muy extensos y por tanto poco importantes, nos darían sí, un conocimiento más completo de la distribución de la riqueza en el sentido vertical. Algunas vetas han sido ricas desde la superficie del suelo, como lo demuestran las obras á tajo abierto sobre los crestones.

La forma de las bonanzas es sumamente irregular, tendiendo á alargarse menos en el sentido horizontal que en el sentido vertical, aunque para muchas de ellas no se tenga idea todavía de su extensión hacia la profundidad. Regiones hay que continuarán siendo productivas á medida que se emprendan trabajos más profundos. Las grandes bonanzas de las vetas de Santa Inés, Santa Brígida y Vizcaina están en este caso, lo que augura al Distrito del Real del Monte, cuando sean suficientemente combatidas las aguas, un aumento considerable de su producción mineral.

Comparando las dos bonanzas de la veta Vizcaina: la que se ha explotado por la mina de San Rafael y sus anexas en Pachuca y la comprendida entre los tiros de Guadalupe y de Dolores en el Real, se puede juzgar de la extraordinaria riqueza de esta veta. Esta última bonanza, que bien puede asemejarse por su posición y forma á la de San Rafael, no tiene menos de 1000 metros en su mayor longitud y avanzan, tanto una como la otra, probablemente á profundidades mayores de 400 metros.

Lo mismo sucede con las bonanzas de la veta de Santa Inés que de hecho se prolongan abajo de este nivel. La bonanza de Carretera fué descubierta desde muy cerca de la superficie, en tanto que la masa enorme de metal explotada entre los tiros de San Ignacio y Dificultad comenzó más abajo de 200 metros.

La veta de Santa Brígida ha sido bonancible en una gran longitud y á un nivel medio de 200 metros abajo de la superficie. Sobre la misma horizontal

son ricos también los ramales de esta veta, como Resquicio, Escobar y la veta de Cabrera, esta última con su bonanza principal alargada en el sentido vertical y quizá una de las más importantes como dependencia de la veta de Santa Brígida.

Si fuese posible un mejor conocimiento de los laboríos antiguos de las minas y se trazasen con exactitud los laboríos de las explotaciones modernas, se podría formar un cuadro que nos revelara nuevas soluciones al problema de la distribución general de la riqueza de esta región, tan favorecida desde el punto de vista mineral.

Resumen.—Una vez que hemos expuesto de una manera general la descripción de las rocas del Distrito de Real del Monte, las condiciones geológicas de estas formaciones, así como los caracteres de las vetas metalíferas, objeto principal de este capítulo, podemos dar un resumen de la serie de acontecimientos geológicos que se han verificado en aquella región; fenómenos, unos generales á toda la Sierra de Pachuca, exclusivos los otros á la porción de que se trata, á saber:

1º Aparición de las andesitas de piroxena, durante el Mioceno Medio, bajo la forma de erupciones sucesivas por largas grietas producidas durante los plegamientos de las rocas mezosoicas que se encuentran en las inmediaciones de la Sierra de Pachuca.

2º Erupciones de rhyolitas por diferenciación del primitivo magma andesítico pasando en gradación insensible por un intermedio dacítico. Las rhyolitas se extienden á manera de corrientes y en diques (San Esteban).

3º Como fenómeno anexo á la aparición de las rhyolitas, un sistema reticulado de grietas se forma. Circulación de aguas termales minerales y silizosas determinan la concreción que rellenan estas grietas.

4º Erupciones de basalto, reapertura de grietas, y fenómenos de deslizamiento para el restablecimiento del equilibrio de la región.

CAPITULO III.

DESCRIPCION DE LAS ROCAS.

Al hablar de las rocas de la Sierra de Pachuca en los Boletines números 7–8–9, nos hemos ocupado ya de una manera general de las rocas del Real del Monte, y desde entonces hicimos notar su semejanza con las rocas del Distrito de Pachuca, sobre todo aquellas que forman la caja de las vetas minerales.

Las andesitas de piroxena de Pachuca nos muestran una más grande variedad de composición y aspecto que las del Real, resultando de las acciones secundarias que han sufrido y de alguna mayor variación en la composición original del magma. En efecto, la presencia de la piroxena en el magma de última consolidación para todo un grupo de estas rocas, nos condujo á hacer una distinción con aquellas rocas que sólo contienen este mineral entre los elementos de primera consolidación. Subdividimos así las andesitas, en andesitas de piroxena y andesitas augíticas de piroxena. Estas últimas traen con mayor frecuencia que las primeras la piroxena rómbica y su composición más básica las aproxima al tipo basáltico. No podríamos hacer la misma subdivisión en las rocas del Real del Monte, en donde las andesitas de piroxena sólo accidentalmente contienen la piroxena de segunda consolidación.

Con pocas excepciones, las andesitas de este Distrito son de color verde en tonos que varían del negro verdoso al verde manzana; son generalmente muy porfiroides porque llevan en la pasta numerosos cristales feldespáticos de color blanco amarillento, así como en cantidad variable, cristales de color negro verdoso de minerales ferromagnésicos y no raras veces cristales hialinos de cuarzo.

Pero si el aspecto macroscópico es relativamente uniforme, no pasa lo mismo en la observación microscópica cuando se estudian las rocas en láminas delgadas. La estructura varía desde un estado casi holocristalino hasta una escasa desvitrificación microlítica, que no siempre se puede percibir por la

avanzada alteración de la roca; lo que da margen á una polarización confusa del magma ó por la penetración en la masa, de cuarzo secundario, lo que es muy frecuente. En la página 106 de "El Mineral de Pachuca," hemos citado una roca procedente del camino entre Omitlán y Real del Monte, en la que el aspecto holocristalino recuerda la estructura de una diabasa. Este caso, lo mismo que los otros que dejamos citados en la obra mencionada, son verdaderamente accidentales y no tienen otra importancia que la de justificar los cambios de estructura que son frecuentes en magmas uniformes, y en nuestro caso también por acciones secundarias.

La estructura más común es la microlítica bien desarrollada; es decir, que en la mayor parte de los casos la materia amorfa es relativamente escasa. Sin embargo, rocas de poco desarrollo microlítico se encuentran formando las brechas andesíticas de las Peñas Cargadas y las de las Peñas del Zumate, y en general en las rocas de las partes altas de las montañas que se diferencian por un color violado, resultado de su más avanzada alteración.

La estructura fluidea de las rocas que indica movimientos del magma antes de su final consolidación, es rara por regla general y sólo la hemos observado bien manifiesta en andesitas procedentes del cerro del Hiloche y en una roca de cerca del tiro de Acosta sobre el camino real.

Las microlitas son unas veces simples y otras macleadas según la ley de Carlsbad y su extinción se hace de ordinario bajo ángulos muy pequeños ó según su longitud, por lo que las hemos considerado como de oligoclasa. En el magma de estas rocas es raro encontrar cristalitos de apatita. El fierro negro también es escaso, y cuando existe, es en gruesos granos como un residuo de la descomposición de los minerales ferromagnésicos, tales como la augita y la hornblenda cuyos cristales han sufrido en algunos casos una verdadera desintegración.

Este aspecto tan simple del magma de las andesitas del Real se complica casi constantemente por las acciones secundarias, que se traducen: ya por una penetración de sílice, casi por una verdadera sustitución del magma amorfo por cuarzo, ya por una avanzada alteración que tiende á transformar la roca en una materia arcillosa ó esteatitosa. En el primer caso las rocas son duras, las microlitas feldespáticas se diferencian muy bien de las playitas de cuarzo de forma irregular y de la materia cloritosa que los envuelve. En el segundo caso, los contornos de las microlitas se vuelven confusos y la pasta de la roca se transforma en una masa heterogénea de clorita, calcita, á más de la materia con polarización de agregado, en los nicols cruzados. Sobre el origen de este cuarzo secundario, es indudable que al menos una parte procede de la descomposición del magma amorfo y de los fenocristales, y otra parte es el resultado de una verdadera impregnación por aguas silizosas circulantes, tales como las que han formado la matriz de los criaderos minerales; pues no se puede explicar de otra manera la abundancia de este cuarzo, el que afecta por otra parte, el mismo aspecto que el que se observa en venillas que cruzan en todas direcciones á las rocas que se hallan en contacto con las vetas.

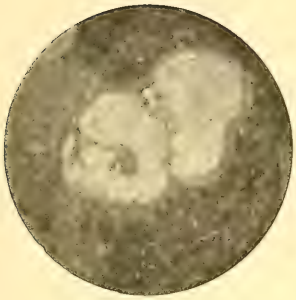


Fig. 1.

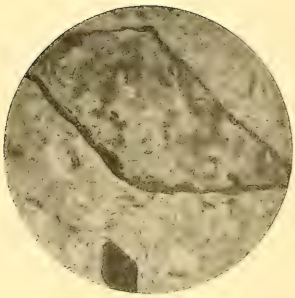


Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

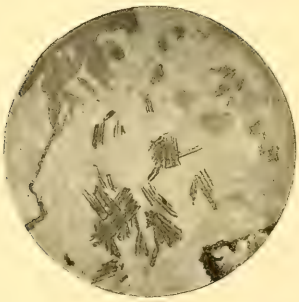


Fig. 5.

EXPLICACIÓN DE LA LÁMINA D.

Fig. 1.—Andesita de piroxena del cerro del Hiloche.—Secciones de cuarzo de primera consolidación con una auréola opaca indicando una reacción del magma sobre los cristales. Luz pol. nic. cruz.

Fig. 2.—Nivel del Aviadero, Mina de Dificultad.—Cristales de hornblenda reabsorbidos. Luz nat.

Fig. 3.—Andesita de piroxena del cañón 400 m. entre los tiros de San Ignacio y Dificultad.—Cristal encorvado de labrador. Luz pol. nic. cruz.

Fig. 4.—Litoidita. Dique de San Esteban.—Cristal corroido de cuarzo de primera consolidación. Luz. pol. nic. cruz.

Fig. 5.—Andesita de piroxena del camino del Real del Monte á Omitlán. —Cristalitos de epidota en un cristal de andesina. Luz. nat.

Las apariencias que resultan de estas transformaciones y las que ofrecen los cristales de primera consolidación, dan á las rocas de que nos ocupamos toda una facies propylítica, término que no vacilaríamos en aplicarles, como hemos dicho ya, si no tendiese á desaparecer de la literatura petrográfica.

En cuanto á los elementos de primera generación, ocupa un lugar preferente el feldespato en cristales hasta de $0^{m}015$ de longitud, en los que el microscopio revela, en la mayor parte de ellos, la sucesión polisintética de macles de la albita, raras veces combinados con el macle de Carlsbad.

Desgraciadamente el número de los cristales en los cuales es posible una buena determinación, es muy pequeño, tanto por el avanzado estado de alteración como por las acciones mecánicas que han sufrido. En un caso la alteración da lugar á la formación de opacita, de calcita y de epidota, esta última en pequeños granos y en agujas agrupadas (Lám. D, fig. 2) con sus vivos colores de polarización, y la calcita en playas ó lagunas de forma irregular en el interior de los cristales. Las acciones puramente físicas producen numerosas grietas en todos sentidos, predominando aquellas que se alargan según las caras prismáticas de los cristales, las que definen una especie de pseudocrucero. Según estas grietas, las secciones de cristales tienden á separarse en pedazos con extinción diferente, indicando que las superficies se hallan en planos diversamente inclinados como si los cristales hubiesen recibido una especie de torsión, pues se puede demostrar que dicho estado no proviene de una dislocación de las secciones durante la preparación de las láminas como podría sospecharse á primera vista.

Sin embargo de estas modificaciones, algunas secciones relativamente bien conservadas con láminas hemitrópicas, dan generalmente para la zona de simetría valores intermediarios que pueden convenir á un labrador ácido. No es raro encontrar en las preparaciones secciones de este feldespato y de andesina paralelas á la cara g^{1}. También se encuentran cristales de labrador básico.

Los feldespatos de estas rocas son por regla general muy pobres en inclusiones vítreas.

Respecto á los elementos ferromagnésicos, la piroxena se halla constantemente, aunque en diversos estados de alteración. A la luz natural este mineral se presenta con un color amarillo verdoso y verde claro, en secciones sin forma aparente de cristales, es decir, en playas de contorno irregular, en las que muy raras veces se dibujan las líneas de crucero. La materia verdosa que irregularmente se observa en el magma es provenida de la desintegración de los cristales. La luz polarizada revela la transformación de la piroxena en clorita de color azul profundo en los nicols cruzados, y finalmente fibrosa, ó bien de un color verde obscuro y con estructura aún más fibrosa. Completando las secciones de los cristales se ve la calcita, y no pocas veces granos de epidota y cuarzo.

En las rocas de color violado la piroxena parda domina, alterada en productos ferruginosos, que á no ser por la forma de las secciones paralelas á la

base del prisma, se podría confundir fácilmente con la hornblenda que viene en abundancia en estas rocas en estado más ó menos reabsorbido. El resultado de este fenómeno es la existencia de numerosas agujas pardas diseminadas en el magma con aspecto de microlitas.

Como minerales secundarios debemos mencionar la hiperstena en cristales angostos y alargados, más ó menos alterados en un producto fibroso análogo á la bastita. Estos cristales muestran las grietas transversales y las inclusiones de fierro características.

El cuarzo viene en grandes secciones irregulares, límpidas, con penetraciones del magma y desprovistas de inclusiones. Algunas secciones presentan una auréola opaca que envuelve el contorno del cuarzo límpido, lo que indica un ataque del magma (Lám. D, fig. 1). Este caso lo presentan igualmente algunos cristales de feldespato.

Las rocas del interior de las minas se caracterizan por la mejor conservación de los feldespatos de primera generación, permitiendo así un estudio más exacto de su naturaleza. La coloración verde de estas rocas, su estructura porfiroide y demás caracteres, son los de las rocas de la superficie.

No sólo los ejemplares recogidos á distintas profundidades, sino también los colectados á diferentes distancias de las vetas presentan una absoluta identidad; es decir, que las acciones determinadas por el relleno metalífero se han propagado mucho más allá de la superficie de contacto de la roca y de las vetas casi con igual intensidad ó con un decrecimiento sumamente lento. Así sucede por ejemplo con la silicificación, la principal modificación de las rocas por la influencia de las vetas. No pasa lo mismo con la formación de pyritas y la presencia de otros sulfuros metálicos en las rendijas de las rocas, juntamente con el aspecto de brechas cimentadas por venillas de cuarzo, que es propio casi exclusivamente de la región de contacto. La coloración violada de las rocas que con cierta frecuencia se ve en la superficie del terreno, es rara en las rocas del interior, y sabemos que dicho color proviene generalmente de la alteración de los minerales ferromagnésicos en óxidos ferruginosos. Sin embargo, cerca de la vetilla de la Cuchara, en la mina de Dificultad, encontramos una roca violada con notable abundancia de cristales alargados de piroxena y hornblenda de primera consolidación (Lam. D, fig. 5). Estos cristales transformados en clorita, de color verde á la luz natural, tienen un reborde opaco de óxidos de fierro y en el magma hay agujas de piroxena transformadas en los mismos óxidos. Por regla general en las rocas profundas, la formación de productos verdes es más constante y por consiguiente también la calcita. En los feldespatos es muy abundante la epidota en agujas agrupadas en abanico, ó en granos en el seno de los cristales.

La estructura brechiforme de que antes hicimos mención, no sólo es perceptible por la división de la roca en grandes fragmentos cimentados por cuarzo, sino que también al microscopio se revela. Partes del magma muy cargadas de cuarzo y por lo tanto casi invisible la estructura microlítica, limitan y aislan en lagunas, á porciones de la roca no afectadas por la sílice don-

de se distinguen claramente las microlitas; al mismo tiempo los feldespatos de primera consolidación se hallan poco alterados y casi completos los cristales. Como ejemplo de estas brechas citaremos la roca que forma los respaldos de la veta de Santa Brígida cerca del tiro de Acosta, y los respaldos de la veta de Santa Inés al nivel 400 m. cerca del tiro de San Ignacio.

Más de una vez puede observarse que al lado de los cambios químicos que con tanta intensidad nos ofrecen estas rocas, hay efectos mecánicos de gran importancia perceptibles aún en los cristales de primera consolidación. A este respecto debemos mencionar una roca procedente de un crucero en el cañón 400 m. entre los tiros de San Ignacio y Dificultad, de color gris verdoso con numerosos granos de cuarzo visibles á la simple vista. El microscopio la resuelve en un magma feldsítico y microlítico en el que nadan cristales y fragmentos de cristales de plagioclasa (labrador). Algunas secciones de este feldespato han sufrido una torsión poniendo los fragmentos en que se dividen los cristales, en distintos planos, en tanto que en otros como el que damos en la figura 3 de la Lám. D, cediendo al esfuerzo mecánico y como si el cristal estuviese dotado de alguna elasticidad, se ha encorvado ligeramente. La figura, tomada con cuidado, da idea de esta curvatura en las láminas hemitrópicas alumbradas del cristal.

El magma de esta interesante roca ha sido en parte redisuelto y ha vuelto á consolidarse, no sólo bajo la forma microlítica, sino que la intervención de la sílice ha dado origen á una desvitrificación feldsítica y esferolítica con reacción sobre los cristales de feldespato de primera generación. En efecto, muchas secciones de labrador algo torcidas y agrietadas, se ven rodeadas de una auréola radiante de naturaleza esferolítica. Verdaderas esferolitas que comienzan á dibujar la cruz negra, llevan como núcleo un fragmento de cristal de feldespato.

Dacitas.—En las partes altas de algunas de las montañas que rodean al Real, principalmente en las cercanías de la Peña del Zumate, es frecuente encontrar rocas de color rojizo ó violado muy porpyroides, tanto por numerosos cristales de feldespato, como minerales ferromagnésicos y de cuarzo. Este mineral lo contienen estas rocas en más abundancia que las rocas verdes.

En estas rocas, también fuertemente silicificadas y alteradas, es posible distinguir un magma original microlítico, y en la mayor parte de los casos también microfeldsítico que es propio de las dacitas. El cuarzo secundario ha penetrado solamente en partes del magma, de manera que quedan espacios en los que las microlitas se pueden fácilmente reconocer con la extinción recta y alargamiento característicos de la oligoclasa. Como se puede prever por la coloración de la roca, minerales ferromagnésicos se han transformado en óxidos ferruginosos que se diseminan en el magma en granos y en agujas, ó bien la masa de estos óxidos define los contornos de los minerales que los producen. Estos minerales son: la piroxena, la hornblenda y algunas veces la mica parda. Las secciones de cuarzo están libres de inclusiones. Los cris-

tales de feldespato, principalmente de labrador, están muy alterados en opacita y calcita, siendo de notar que en estas rocas violadas raras ocasiones dan por alteración la epidota, y rara también la clorita en los productos de la descomposición de la hornblenda y piroxena como si éstos fueran de naturaleza más ferrífera que los que se encuentran en las rocas verdes.

Las dacitas á que aludimos tienen una grande semejanza con las que forman las agujas de los Organos de Actopan en la misma Sierra de Pachuca; con las de las montañas de Tepenené y de Las Monjas del Chico, que son macizas en la base y forman grandes brechas en las cimas.

También las andesitas verdes se ven transformadas en dacitas, sobre todo donde se encuentran las brechas, como cerca del portezuelo de Tezoantla y de las Peñas Cargadas. En algunos lugares de esta región, ciertos ejemplares de las rocas presentan una curiosa estructura perlítica que se ha producido antes de la penetración del cuarzo. Este se halla inyectado, por decirlo así, con mayor facilidad á favor de las finas grietas perlíticas. El magma microlítico y feldsítico tiende á aislarse en porciones arredondadas. Al mismo tiempo los cristales de primera consolidación, á más de estar bastante alterados, se ven muy agrietados y dislocados.

Feldsonevaditas.—Las rocas con abundante sílice de las Peñas del Aguila presentan un aspecto que puede referirse al de las *Nevaditas* por su color claro (gris y rosado), la abundancia de grandes cristales de primera generación y un magma feldsítico bien desarrollado desprovisto de segregaciones esferolíticas. Pero para llegar á tener estas rocas ese desarrollo completo han pasado por un intermedio de naturaleza dacítica, que viene en comprobación de la idea de que de las andesitas que predominan en el Distrito, á las rhyolitas que sólo se hallan en superficies muy pequeñas, hay una insensible gradación como rocas resultantes de un solo magma interno en fases diversas de diferenciación que tiene términos claramente definidos: de una parte las andesitas francas de 65 por ciento de sílice, de la otra las rhyolitas feldsíticas y nevaditas. Este caso es general para toda la Sierra de Pachuca. El tipo intermedio de rocas, las dacitas, no tienen carácter definido; ya se refieren á las andesitas, ya se aproximan á las rhyolitas y ocupan de preferencia las cimas de las montañas elevadas, tales como los Organos de Actopan, Cerro de San Cristóbal, Peñas de Buenavista, Peñas del Zumate y aun las Peñas del Aguila, en donde las nevaditas llevan á veces bastante magma microlítico para considerarse como dacitas.

El magma de las rocas del Aguila, con numerosas puntuaciones y finas agujas opacas agrupadas en bandas, se resuelven á la luz polarizada en un agregado feldsítico en el que existen porciones de cuarzo alotriomorfo granudo, ya en bandas, como en lagunas. De los elementos en dicho magma contenidos, se debe citar en primera línea por su abundancia, el cuarzo en grandes playas y secciones de cristales notablemente corroidos, al rededor de los cuales frecuentemente se observa el cuarzo de segunda consolidación que resulta de la redeposición del cuarzo disuelto por el agua. Las playas de cuarzo

ofrecen en su interior penetraciones del magma y no contienen inclusiones de ninguna clase. Los feldespatos también son abundantes en estas rocas, en grandes cristales generalmente menos atacados que el cuarzo. El sanidino predomina en grandes macles de Carlsbad. No escasea el labrador en cristales más destruídos que los de sanidino en macles polisintéticos; unos y otros feldespatos casi desprovistos de inclusiones vítreas. Menos abundantes y de carácter que pudiera considerarse como accesorio, se encuentran cristales aciculares de hornblenda parda reabsorbida y finas laminitas de mica parda; en el magma algunas agujitas de apatita.

Si el aspecto microscópico del magma independientemente del cuarzo alotriomorfo que contiene, no alcanza exactamente el estado holocristalino feldsítico de las propias nevaditas, sí, la abundancia de grandes cristales de primera consolidación de color claro en la roca y lo poco acentuada que muestra la estructura fluidea, justifican á nuestro modo de ver el nombre de feldsonevadita con que hemos designado estas rocas, en la acepción que le da Rosenbusch. Por otra parte, reacciones del magma sobre los numerosos cristales de primera generación y la manera de presentarse las rocas, como ya hemos dicho, acusan una avanzada consolidación intratelúrica.

Tobas rhyolíticas.—En la falda N. del cerro del Aguila yacen las capas casi horizontales de tobas rhyolíticas de que ya hemos hablado otras veces, cubriendo la depresión que existía en el contacto de las rhyolitas y de las andesitas que ahora se ocultan bajo las capas de toba. En el espesor total de las capas de tobas próximamente de 150 m., se tiene una serie alternante de tobas algo arcillosas en gruesos bancos y tobas sumamente cargadas de sílice en delgados lechos que pasan hasta jaspes ó á la piedra cornea. El aspecto de las tobas bajo el microscopio hace ver que se trata de una sedimentación ígneo-acuosa de material detrítico. La sílice sirve de materia incrustante y ha sido ministrada por aguas termales silizosas con alternativas en la cantidad de sílice que podían sedimentar. El microscopio revela en estas rocas un magma de agregación feldsítica como en las verdaderas rhyolitas una pasta arcillosa y granos de cuarzo. En este magma á veces confuso nadan fragmentos de cuarzo, de feldespato y á veces fragmentos pequeños de minerales ferromagnesianos indeterminables.

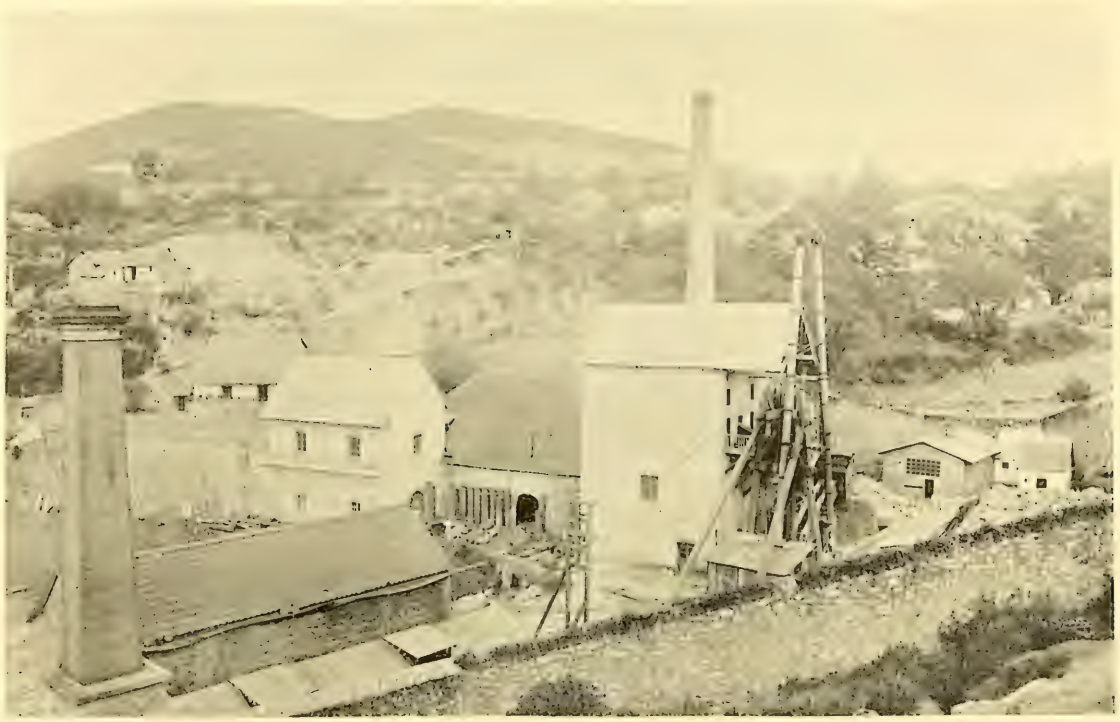
Rhyolitas en dique.—El gran dique llamado de San Esteban que se prolonga en dirección casi N.-S. y que creemos haber identificado desde el pie de las Peñas del Zumate hasta el pie meridional de la Peña del Gato, llevando en su parte media adherida la veta de Morán, está formado de uua roca que en su origen debió haber sido una rhyolita litoide (Letoidita) pero que por las acciones á que ha estado sometida durante la formación de la veta de Morán, ha perdido en parte su primitivo carácter. En efecto, rocas tomadas del interior, justamente del contacto con la veta de ese nombre, muestran al microscopio un magma microfeldsítico de débil acción á la luz polarizada, aislado en lagunas rodeadas de un agregado cristalino de cuarzo secundario. En los restos de magma microfeldsítico se encuentran cristales fuertemente

corroidos de cuarzo de la primera generación (Lám. D, fig. 4) y de feldespatos sanidino y plagioclasa. El aspecto del magma original á la luz natural con sus granulaciones opacas agrupadas á veces en bandas de fluidalidad, muestran su naturaleza rhyolítica. Estas rocas del dique de San Esteban son generalmente de color blanco, de superficie lisa y casi concoide con estructura en delgadas banditas paralelas ocasionadas tal vez por fenómenos de compresión. La roca tiene venillas muy finas en todas direcciones rellenadas de mineral (blenda y raras veces galena) y en toda la masa inmediata al contacto de la veta, cristalitos muy pequeños de pyrita. En la superfieie del suelo la roca del dique es un poco distinta. Sobre el arroyo del Real donde asoma como crestón, el magma microfeldsítico aparece un poco devitrificado y se observa al microscopio en agregados de partículas alumbradas que afectan en conjunto la forma de rosetas como una agregación pseudoesferolítica. A veces en el interior de estas rosetas se halla un núcleo de cuarzo, lo que supone que en esta formación han intervenido acciones secundarias, pues en partes ha influído también para la devitrificación el cuarzo de penetración.

Un fenómeno análogo tiene lugar en las rocas del mismo dique al pie de las Peñas del Zumate, solamente que aquí la devitrificación ha alcanzado un estado más avanzado. Se distinguen fácilmente agregados radiantes, muy finas esferolitas como las que dan los magmas microesferolíticos. Las esferolitas no presentan señales de cruz negra y parece que son de origen secundario. Algunas rocas de este lugar se asemejan á las feldsonevaditas de las Peñas del Aguila por la abundancia del cuarzo, del feldespato (sanidino) y finas y abundantes laminillas de mica negra de primera generación, así como por el estado feldsítico del magma.

Aunque por regla general no existe una semejanza absoluta entre las rocas del dique de San Esteban y las de las Peñas del Aguila, nosotros creemos que deben de tener un mismo origen por más que sea difícil establecer por ahora una correlación de edad, siendo este un problema delicado cuya resolución daría mucha luz sobre la edad y relaciones de las vetas del Distrito de Real del Monte con las rocas eruptivas. Más tarde deberemos ocuparnos detenidamente de este problema interesante.

SEGUNDA PARTE.



Tip. y Lit. «La Europea.»

Vista de la mina "DOLORES"

EXPLOTACION DE LAS MINAS.

Las minas del Real del Monte, como las de Pachuca, han sido trabajadas desde pocos años después de realizada la conquista de México. La fecha exacta de la fundación de Real del Monte no hemos podido averiguarla; pero en el archivo de la iglesia parroquial de esta población consta que dicha iglesia fué bendecida el 7 de Octubre de 1578 por el tercer arzobispo de México Don Pedro Moya de Contreras, siendo cura beneficiado D. Francisco Ruíz, y testigos de la bendición D. Gonzalo Gómez de Cervantes, D. Gaspar de Rivadeneira, D. R. de Guzmán Gaza Sánchez, D. Gaspar de Castañeda, D. Mateo Paredes y otros muchos que pueden considerarse como de los primeros habitantes españoles de Real del Monte.

Según se desprende de los datos que hemos podido recoger, la veta Vizcaina, por su mayor potencia y longitud fué la primera que atrajo la atención de los mineros, pues la mina de la Joya labrada sobre esta veta se considera como la más antigua del Distrito. Gamboa, en sus comentarios á las Ordenanzas de Minería, cita la relación hecha por el viajero italiano Gemelli Carrieri después de su visita á las minas de Real del Monte en 1697. Afirma éste que la mina de la Trinidad, compuesta de las pertenencias: La Campechana, La Joya y el Peñol, dió en diez años, con un pueble de 1,000 hombres, 40.000,000 de pesos; se empleaban 16 malacates para hacer el desagüe y se gastaba en madera para fortificaciones la suma de $ 20,000 anuales.

A principios del siglo XVIII, D. Isidro de Lamadrid, de la Orden de Santiago, invirtió un fuerte capital en la explotación de estas minas, perdiendo su fortuna sin poder agotar las aguas que afluían en abundancia, "y así la fuerza incontrastable de las aguas sepultó su riqueza y dejó cubierta la de las minas." [1]

La explotación de las minas de Real del Monte es notable por la lucha entablada entre los mineros y las aguas que en muy grande cantidad se presentaban desde los labrados altos. En efecto, las alternativas de prosperidad y decaimiento de las minas, no eran más que consecuencia del éxito ó fracaso

1 Gamboa ob. cit.

de los medios adoptados para hacer el desagüe; de la eficacia de los aparatos de desagüe, del resultado obtenido por la apertura de socavones que permitieran á las aguas su escurrimiento natural á la vez que reducían la altura á que debieran elevarse por los medios mecánicos, dependía la posibilidad de continuar los trabajos á mayor profundidad, y por consiguiente, permitían crear nuevos campos de explotación; por último, la economía en el desagüe ponía en condiciones de explotabilidad muchos frutos de inferior ley que en otras circunstancias no serían aprovechables.

La obra de Gamboa ya citada, pero principalmente el estudio del Real del Monte hecho por el Doctor alemán D. Juan Burkart, quien además de haber visitado este importante Distrito Minero, tuvo á la vista los informes de Mr. John Taylor y Mr. John H. Buchan, contienen datos muy interesantes que alcanzan hasta el año de 1858. Como es muy poco conocida esta obra, aun entre los mineros de Real del Monte, tomamos para nuestro estudio todo lo que en ella hemos juzgado de más importancia.

Después de haberse arruinado el minero Lamadrid á principios del siglo XVIII, quedaron abandonadas las minas de Real del Monte hasta el año de 1738, en el que D. José Alejandro Bustamante y su compañero aviador y sucesor D. Pedro Romero de Terreros, de la Orden de Calatrava y después Conde de Regla, entablaron un denuncio de las minas abandonadas sobre la Vizcaina, proponiéndose desaguarlas á mayor profundidad por medio de un socavón. El 1º de Junio de 1739 se les dió posesión de todas las minas abandonadas sobre la Vizcaina, que eran: La Zapatera, la Palma, Jesús, Dolores, La Joya, San Cayetano, Sabanilla, Buen Suceso, Sta. Teresa, Sta. Agueda, San Francisco y Sto. Domingo, y de otras muchas situadas en diversas vetas, y se les concedió el derecho de descubridores de todas las vetas nuevas que fueran cortadas por el socavón.

Para la apertura de esta obra se eligió la vertiente meridional de la Sierra de Pachuca, rompiéndola en un punto situado cerca del pueblo de Azoyatla. Se trabajó durante nueve años, en los cuales se colaron 1,005 metros con un costo de $ 80,000; pero las dificultades para la ventilación y la dureza de la roca hicieron que se abandonara. Se rompió otro nuevo socavón en la vertiente N. que sólo se trabajó durante un año, teniendo que abandonarse por la dureza excesiva de la roca.

Cansado Bustamante de tanta fatiga sin efecto, quiso abandonar la prosecución de la obra del socavón y los privilegios con que el Gobierno le había facultado para su apertura; pero el Marqués de Valle Ameno, propietario de la mina de San Vicente sobre la veta de Santa Inés y parcionero de la obra del socavón, insistió para que se rompiese otro nuevo en el paraje denominado de Doña Juana, cerca de la mina de Morán.

La longitud mucho menor del socavón de Morán permitía cortar la Vizcaina en menos tiempo que el de Omitlán, y con respecto al de Azoyatla tenía la ventaja de que podía cortar muchas vetas antes que á la Vizcaina y seguir en grandes tramos de su longitud sobre alguna de las que con rumbo

Vista de la mina "S. JUAN VIZCAINA"

en ángulo casi recto con el de la Vizcaina se presentan en esta localidad, circunstancias favorables puesto que muchas de estas vetas habían sido reconocidas en los altos como buenas.

Después de obtenida del Virrey Conde de Revillagigedo la concesión del socavón y la ampliación de las cuadras de las minas: de Acosta, San Francisco, San José, La Cruz y otras más, se dió principio en 1749 al socavón de Morán, trazándolo con una dirección casi perpendicular á la de la veta Vizcaina; su longitud, hasta cortar ésta, debía ser de 2,414 metros y su profundidad vertical abajo del tiro de La Joya, de 170 metros. Bustamante murió poco después y la obra fué continuada con empeño por Terreros.

Para dar una idea de la actividad con que se trabajó en esta obra, diremos que comenzada el 10 de Julio de 1749, según los reconocimientos y vedurías que cada cuatro meses se practicaban, tenía en Enero de 1754 una longitud de 417 metros. Para facilitar la ventilación y por consiguiente el trabajo, se abrieron varias lumbreras que permitían colar la obra á varios cabos y ponían á los operarios en circunstancias de producir mayor rendimiento, con lo cual se logró cortar la veta Vizcaina 38 metros al P. del tiro de la Joya en el año de 1762.

Con mucha justicia dice Gamboa, que "se hacen dignos de la mayor alabanza el valor y empeño con que en más de 20 años corridos desde 1739, emprendieron y siguieron esta grande obra del socavón D. José Alejandro Bustamante, D. Pedro Romero de Terreros, el Marqués de Valle Ameno, D. Juan de Varandiarán, D. Tomás Tello y demás socios."

Las esperanzas que de encontrar vetas buenas tenían no salieron fallidas; pues en la veta de Sta. Brígida sobre la que caminó el socavón en una gran longitud, se alcanzaron en la parte alta del socavón clavos tan ricos que dieron $ 7.000,000 sin contar la parte que tocó al pueble y que se valúa en medio millón.

Para explotar la Vizcaina habilitó Terreros los tiros de Dolores y San Cayetano; los profundizó y dotó á cada uno de ocho malacates para colar abajo del socavón, obteniendo con estas obras una producción de frutos tan grande que fué imposible beneficiarlos en las haciendas que se tenían, por lo que se construyeron otras nuevas.

La máxima producción y riqueza de las minas tuvieron lugar el año de 1774, y desde entonces fueron en diminución, aunque muy poco á poco; pues á la muerte del Conde de Regla, acaecida en el año de 1781, la producción de carga era todavía muy abundante y los productos de las minas hasta ese año ascendían á $ 11.000,000, sin incluir el partido del pueble que sería como millón y medio.

"La muerte del Conde de Regla y el mal éxito de los diversos medios ideados para facilitar el desagüe, dieron por resultado la suspensión de éste en el año de 1781; sin embargo, arriba del socavón se extraía todavía bastante carga para cubrir los gastos de sostenimiento del socavón y otras obras, y puede graduarse la extracción de plata hasta 1749 en más de $ 600,000."

Con las obras emprendidas por Terreros en los tiros de San Cayetano y de Dolores, se procuró colar las labores abajo del socavón; pero los 16 malacates instalados en estos tiros apenas podían arrastrar el agua, y la dificultad de dominarla crecía con la profundidad. No siendo posible en esa época en Real del Monte adaptar al desagüe algún otro aparato más poderoso y eficaz que el malacate de caballos, para lograr el desagüe de las minas era pues indispensable poner éstos en mayor número; y con este fin se profundizó el tiro de Guadalupe y se abrió el tiro de San Francisco, aumentándose así hasta 19 el número de malacates dedicados al desagüe. Así se pudo dominar el agua, colar el tiro de San Ramón hasta la profundidad de 314 metros, abrir varios cañones profundos sobre la veta que produjeron hasta 1801 la suma de $ 6.000,000. A pesar de haberse aumentado por segunda vez el número de malacates hasta 28, los que exigían para su servicio 400 hombres y 1,200 caballos con un costo anual de $ 250,000, fué de todo punto imposible dominar el agua desde que se llegó á la profundidad de 90 metros abajo del socavón.

Las dificultades que provenían de la escasez de azogue y del elevado precio del fierro y del acero, se unieron á las que presentaba el desagüe para determinar en 1801 la suspensión de los trabajos en las minas del hasta entonces floreciente Distrito de Real del Monte.

La triste situación á que llegaron los operarios de las minas y haciendas de beneficio por la falta de trabajo ocasionada por la paralización de las minas, movió al 2º Conde de Regla á emprender algunas obras nuevas; pero convencido de la inutilidad de sus esfuerzos para obtener el desagüe dados los imperfectos medios de que disponía, prefirió hacer nuevos denuncios y tomó posesión de varias cuadras, tanto al E. como al W. de las minas situadas sobre la veta Vizcaina. Los tiros de Dios te guíe, San Juan y San José, al W. del tiro de Guadalupe, se colaron hasta las profundidades de 280, 150 y 202 metros respectivamente; al E. de Dolores se abrió el tiro de San Antonio. Estas obras permitieron descubrir y explotar varios clavos con cuyo producto se pudo mantener el trabajo de las minas hasta el año de 1809, en el que falleció el 2º Conde de Regla. Su hijo y sucesor el 3er. Conde, continuó las obras que su padre había comenzado, y aunque los clavos que se disfrutaron en las minas de Dios te guíe y San Ramón le produjeron unos $ 500,000, fueron totalmente absorbidos por los gastos de explotación y los que era preciso erogar para mantener abiertas algunas obras importantes como el socavón antiguo y los tiros principales.

Los trastornos debidos á la guerra de Independencia obligaron á suspender muchas de las obras que se colaban en las minas de Real del Monte, y sólo se trataba de mantener abiertas las obras de mayor importancia y para ayudar á los gastos que esto exigía se disfrutaron clavos de poca importancia que produjeron unos $ 200,000 hasta el año de 1819 en que fueron abandonados los trabajos de una manera completa. Los productos de las minas desde la muerte del primer Conde de Regla hasta la paralización completa de los trabajos, la fija Burkart en siete y medio millones de pesos.

Tip. y Lit. «La Europea»—México

Vista de la mina "SAN IGNACIO"

"Entre las obras de investigación emprendidas por el tercer Conde de Regla, dice Burkart, merece especial mención el desagüe de la Vizcaina á mayor profundidad, por medio del socavón del Aviadero, aprobado por el Director que era entonces de las minas, D. José Castelazo; pero según queda dicho, fué proyectado y aun comenzado desde mucho antes, aunque poco después abandonado por Bustamante. Este socavón se rompió en la cañada de Real del Monte, cerca de donde desemboca, junto á la hacienda de Sánchez y no muy lejos del pueblo de Omitlán, debe cortar la veta Vizcaina á las 4,500 varas (3,771 mts.) y 130 varas (108 mts.) más abajo del piso del primer socavón; por consiguiente debajo de los labrados más profundos que estaban entonces 108 varas (90 mts.) más bajos que el socavón de Morán. Este socavón no sólo debía servir para el desagüe de las vetas Vizcaina y Sta. Brígida, sino para el de todas las vetas del Distrito, y debía considerarse como una empresa de mucha importancia para el Mineral, aunque no podía llegar á su término, esto es, á cortar la veta Vizcaina, antes de 28 ó 30 años. Sin embargo, entonces se coló en una corta longitud y se abandonó como las demás excavaciones."

Durante la dominación española estuvo prohibido á los extranjeros adquirir propiedades mineras, y sólo después que fué reconocida la Independencia de México por Inglaterra, se empezaron á aplicar capitales extranjeros, principalmente ingleses, á la explotación de las ricas minas del país. El tercer Conde de Regla y el minero inglés Mr. John Taylor formaron en Londres una Compañía para la explotación de las minas que pertenecían á la casa de Regla. Obligábase la Compañía á suministrar los fondos necesarios para la explotación y á pagar al Conde, como alimentos, $16,000 anuales mientras las minas no produjeran utilidades, dividiéndolas con él por igual, cuando las hubiera; la duración del contrato debía ser de 28 años según se arregló primitivamente, pero esta cláusula fué modificada en el sentido de que la propiedad fuese para siempre.

Los bienes pertenecientes á la casa de Regla y que pasaron á la Compañía eran las minas situadas sobre la veta Vizcaina, cuyas cuadras tenían en conjunto una longitud de 3,519 metros y una anchura de 167.60 metros; una zona del terreno atravesado por el socavón con una anchura de $151^{m}.40$ á uno y otro lado del eje de éste y con una longitud de 1,175 metros en la parte correspondiente á Santa Brígida y 1089.40 sobre las vetas de Acosta y Escobar; todas las haciendas de beneficio, y las minas de plata de La Pechuga y la de plomo de Lomo de Toro en el Distrito de Zimapán. Además de las minas de la casa de Regla tomó la Compañía inglesa otras muchas de diversos dueños, entre las que figura la de Morán que siempre fué tenida por muy productiva.

"Cuando la Compañía inglesa tomó posesión en 1824, escribe Burkart, estaban todas las minas abandonadas y en ruina; la mayor parte de los tiros verticales que comunicaban con los labrados subterráneos estaban quebrados ó hundidos, y sólo podían reconocerse por los enormes hundidos y terreros

que se habían formado cerca de ellos. Peor era todavía el estado del socavón, que en algunos puntos estaba completamente hundido, de modo que ya no daba paso á las aguas, y éstas habían subido por consiguiente en las labores. También en las diversas haciendas estaban destruídas las máquinas, el Real del Monte estaba muy abatido y su población muy disminuída."

De esperarse era que la Compañía inglesa desechara los malacates de desagüe, y aplicara á este importante servicio aparatos más poderosos y perfectos. En efecto, hizo venir de Inglaterra cinco máquinas de vapor para desagüe, un mortero de vapor y dos máquinas de aserrar, lo que hacía la carga de tres buques de 300 toneladas que se descargaron en Mayo de 1825, en la playa de Mocambo. Las dificultades de desembarco y transporte hasta Real del Monte, enumeradas en el Boletín relativo al Mineral de Pachuca, fueron vencidas por los fuertes desembolsos de la Compañía y por la energía é inteligencia del oficial inglés de artillería Mr. J. N. Colquhoun, quien llegó con la maquinaria á Real del Monte en Mayo de 1826. Montóse inmediatamente la primera máquina de vapor en el tiro de Morán.

Entretanto se había trabajado con mucha actividad en la reparación y desazolve del socavón de Morán y de los tiros y cañones de más importancia; se había hecho un levantamiento del Distrito y estudiado los lugares en que sería más conveniente hacer la instalación de las máquinas de desagüe, tanto por las condiciones propias del tiro, como por su proximidad á los lugares en que se esperaba encontrar clavos ricos.

Uno de los tiros señalados para este objeto fué el de Dolores y en él se colocó una máquina de 30" (0^{m},762).

Cedamos la palabra á Burkart para que haga la enumeración de las diversas obras que á más de las anteriores emprendió la Compañía: "Se habían proyectado nuevos tiros, y aun comenzado en parte su cuele; también estaba comenzada la construcción de muchas habitaciones, de los talleres y almacén cerca de las minas, la reparación de las haciendas de beneficio y las fundiciones; se habían adelantado varios proyectos de caminos, así como un buen camino carretero trazado con mucho cuidado desde Real del Monte por la Cañada hasta Omitlán, y se había empleado un fuerte capital, en su mayor parte en obras exteriores. En seguida continuó el cuele del socavón general del Aviadero, abierto cerca de Omitlán, arriba de la hacienda de Sánchez, y 130 varas (108^{m},94) más profundo que el de Morán, y se pusieron en actividad muchas de las afamadas minas de las tomadas por la Compañía (mediante el pago de la considerable cantidad de alimentos á sus dueñas), para sacar utilidad de las vastas pertenencias que poseía la Compañía en el Distrito de Real del Monte."

"A continuación pongo un estado de la extensión de estas pertenencias, tales como se entregaron á la Compañía en 1826 para la explotación de las minas situadas en ellas; comprendían en cuadra limitada por todas partes verticalmente, y con 200 varas (167^{m},60) de anchura:

1.—Las minas de la familia de Regla sobre las vetas:

Vista de la mina "ACOSTA"

a—Vizcaina con una longitud de	4200	vrs.	3519m·60
b—Sta. Brígida	1400	„	1173 . 20
c—Acosta	1300	„	1089 . 40
2.—Las minas de la veta Morán en una longitud de	1300	„	1089 . 40
3.— „ „ „ „ San Felipe	400	„	335 . 20
4.— „ „ „ „ Ompaques	800	„	670 . 40
5.— „ „ „ „ Valenciana	1000	„	838 . 00
6.— „ „ „ „ Cabrera	200	„	167 . 60
7.— „ „ „ „ Sta. Inés	400	„	335 . 20
8.— „ „ „ „ Jesús	200	„	167 . 60
9.— „ „ „ „ Santiago	600	„	502 . 80

"Había entrado la Compañía en una empresa que, según el modo en que se habían acometido los trabajos, exigía más tiempo y capital que los que se habían calculado al principio confiándose en los grandes conocimientos del arte de las minas y en la superioridad de los recursos de la mecánica, que excedían á las fuerzas de la Compañía. Se quisieron aprovechar en la rehabilitación de estas minas todas las ventajas que ofrecían las mejores máquinas y los grandes adelantos y mejoras del arte de minas y de la metalurgia en Europa, y que hasta entonces eran desconocidos en México; pero parece que no se reflexionó con qué dificultades se debía tropezar y cuánto dinero y tiempo debía sacrificarse para ello, en un país que no poseía, ya no los medios necesarios para la construcción de las máquinas y sus dependencias, pero ni los operarios indispensables para su establecimiento y manejo, y que por lo mismo todo debía llevarse de Europa con grandes costos. Como queda dicho, se había avanzado vigorosa y activamente en la ejecución de este plan, sin haber conseguido una extracción de carga de alguna importancia, y fué preciso para hacer frente á gastos tan considerables, exigir á los accionistas repetidas exhibiciones de fondos, que muy pronto despertaron en ellos el deseo de que se extrajeran y beneficiaran metales de los campos ya abiertos arriba del socavón, en la veta Vizcaina, aun cuando no fuese bajo el método perfecto de explotación primitivamente proyectado, con tal que se consiguiese la producción de carga y reembolsarse de los capitales exhibidos. Con este objeto se emprendieron prontamente varias que no tuvieron sin embargo el resultado favorable que se esperaba en Inglaterra, y que había formado repetidas veces la esperanza de los accionistas. Aunque estas esperanzas quedaron frustradas, se confiaba todavía firmemente en que los trabajos de la empresa dejarían pronto sobrantes de importancia, pues se creía haberse equivocado solamente en el tiempo, pero no en el supuesto de encontrar arriba del socavón frutos costeables que no se sabía beneficiar económicamente en el país, atribuyéndose la dilación solamente á muchos obstáculos y contratiempos imprevistos."

Los trabajos de la Compañía inglesa no sólo se llevaban activamente en la veta Vizcaina por los tiros de Dolores, San Cayetano, Sta. Teresa y Guada-

lupe, pues también se trabajaba con empeño en las minas de Acosta, Mesillas, Gran Compaña, Morán, Valenciana, Cabrera, Jesús, San Esteban, Sta. Inés y otras más del Real, así como en los Distritos de Zimapán y Ozumatlán en las minas de Lomo de Toro y la Pechuga y en las de Pachuca.

La máquina de 30" ($0^{m}.762$) de Dolores, ayudada por otra igual instalada en el tiro de San Cayetano, pudo arrastrar el agua hasta descubrir los planes más profundos labrados en tiempo del primer Conde de Regla, que según dijimos, llegaban hasta 90 metros abajo del socavón, con lo que se pudo labrar un cañón á esta profundidad y aun explorar á un nivel 80 metros más bajo por medio de tres planes que se colaron sobre la veta Vizcaina en un lugar que presentaba regulares frutos. Así las bombas pudieron con un costo de $30,000 anuales hacer el desagüe que no pudo conseguir el Conde de Regla con sus 28 malacates y el enorme desembolso de $250,000 anuales.

Los trabajos emprendidos en los tiros de Sta. Teresa y Guadalupe, tenían por objeto descubrir y explotar los clavos ricos que se sabía existían en los planes profundos de la mina de Sta. Teresa; pero distantes éstos unos 754 metros al P. de Dolores, no se hacía sentir la influencia de las máquinas de Dolores y San Cayetano. Para tener secos estos planes se coló el tiro de Terreros situado cerca de ellos y del punto en que se reunen las vetas de Sta. Inés y Vizcaina; para llevar á pronto término el cuele del tiro de Terreros se rompieron cruceros de los cañones inmediatos de las minas de Sta. Teresa y Guadalupe para poner ocho cabos, y así comenzado el tiro en Enero de 1830 se terminó en Enero de 1834, hasta la profundidad de 201 metros abajo del brocal del tiro.

La máquina de 54" ($1^{m}.32$) instalada en el tiro de Terreros, ayudada por las pequeñas de Dolores y San Cayetano, permitieron por algún tiempo hacer el disfrute y las obras de investigación hasta la profundidad ya dicha; pero desde que se trató de alcanzar profundidades mayores, se vió que la potencia de estas bombas no bastaba para agotar el agua; por este motivo se cambió la poderosa máquina de Terreros al tiro de San Pedro en la mina de Acosta, á fin de reconocer las vetas de Sta. Brigida y Gran Compaña que se cortan cerca de este tiro, y se colocó en Terreros una nueva máquina de mayor potencia (75" de diámetro), y con las cuatro máquinas de Acosta, Dolores, San Cayetano y Terreros se pudo alcanzar el nivel de 225 metros abajo del socavón de Morán.[1]

Como vimos antes, la primera máquina de vapor fué instalada en la mina de Morán, pero siendo muy grande el gasto de los veneros de esta mina, sólo se pudieron descubrir algunos clavos que contra todo lo que se esperaba re-

1 Don Matías Romero, en su interesante obra escrita en inglés y titulada "Geographical and Statistical Notes on Mexico," pág. 17, dice que se puso en Terreros una máquina de 54" y que el Capitán Tendall, sucesor del Cap. John Rule, removió la máquina de 54" al tiro de Acosta y puso una de 75" en el tiro de Dolores. El Sr. Don José de Landero y Cos confirma lo dicho por el Sr. Romero, pues nos dice que la máquina de 75" que se encuentra ahora en el tiro de Dolores fué instalada en 1842.

sultaron de muy poca importancia, teniendo que suspender las obras de esta mina para cuando se terminara el socavón del Aviadero.

A pesar de la profundidad á que se abatió el nivel de las aguas de las vetas situadas al S. de la veta de San Esteban, el régimen de las aguas de la mina de Morán y en general de las vetas al N. de la de San Esteban no se alteró, notándose desde entonces cierta independencia entre las dos regiones al N. y S. de la veta de San Esteban. El estudio geográfico y petrográfico del Distrito de Real del Monte prueba la existencia de una zona de rocas que ha sufrido una impregnación de cuarzo, zona que corre paralelamente á la veta de San Esteban, á la que sin duda se debe este enriquecimiento de siliza, que disminuyendo la porosidad de la roca tiende á formar una barrera impermeable que separa las aguas al N. y al S. de ella y las hace, por decirlo así, independientes en su régimen.

Los resultados obtenidos en las labores desaguadas fueron el descubrimiento de muchos frutos pobres y la explotación de dos clavos ricos, uno en la veta de Sta. Brígida en pertenencias de la mina La Luz, y el otro en la veta Vizcaina cerca del tiro de Dolores, habiéndose podido llegar en esta mina á la profundidad de 225 metros.

Burkart en su estudio toma de los informes de Mr. J. Taylor á la junta de accionistas, lo siguiente: "La extracción de plata de los ricos metales que habían producido los diversos tramos registrados, era ya algo considerable en los años de 1834 á 1836; sin embargo, hasta los años de 1838, 1842 y 1843 no permitió con una extracción mayor cerrar las cuentas con saldo de los productos sobre los costos. Este saldo no bastaba empero para los fuertes gastos que se habían invertido en los diversos ramos de la empresa, y para poder hacer un dividendo entre los accionistas de Inglaterra, pues los alimentos, los gastos generales sumamente altos y los costos de beneficio todavía más altos, reclamaban de preferencia sumas muy importantes. Desde á los pocos años de haber emprendido los trabajos del Real del Monte, se había adquirido el convencimiento de que los frutos de las vetas secundarias sobre las cuales se habían varias minas en actividad, no eran tan ricos como al principio se suponían, habiéndose encontrado en estas vetas una gran cantidad de metales, cuyo producto de plata por el beneficio de patio no era bastante á cubrir los costos invertidos en su extracción. Muchas de las minas secundarias, y entre ellas la de Morán, se abandonaron por consiguiente á poco tiempo, y sólo se procuraba conservarlas en buen estado. Algunas, principalmente las de la veta de Sta. Inés, dieron sin embargo en tramos aislados una bonita producción de metales ricos, pero no al grado de poderse trabajar independientemente, como las principales minas del Conde de Regla. La Dirección fijó su atención repetidas veces sobre algunos medios para conseguir la reducción de gastos en los diversos ramos de la explotación y se esforzó por disminuirlos para sacar utilidades de los metales pobres. Los alimentos que en los primeros años habían importado más de $ 30,000 por año, se redujeron á $ 24,000 y más tarde á $ 18,000. No se pudo reducir los sala-

rios de los empleados, porque para la dirección de los trabajos de explotación, la inspección y la conservación y manejo de las máquinas de vapor y de otros aparatos antes desconocidos en México, se había llevado de Europa un gran número de artesanos, maquinistas, capataces y empleados que no podían conseguirse sin un sueldo elevado. Lo mismo sucedía con los salarios de los operarios, que escaseaban, y que era preciso conseguir de fuera, así como con los derechos de Minería, que se descontaban de la plata entregada en la Casa de Moneda, para que no pudiese salir en pasta fuera del país, y que se calculaban por término medio en 8 por ciento. Además los costos de beneficio contribuían á prolongar el estado de desembolso de la empresa, pues según el informe impreso importaban por ejemplo en el año de 1840, 41 por ciento de la cantidad total de plata extraída, ó bien 46.14 por ciento para la plata de patio y 34 por ciento para la de fuego."

En vista de lo anterior se comprende cómo el capital primitivo de £400,000 ($1.000,000) ascendió pronto á £1.236,342 ó sea $6.181,710 en 1829, y en 1844 á $13.421,802.50. Habiéndose tenido como productos sólo $8.646,534.62, resultando una pérdida en ese año de $4.775,267,88.

Los gastos de alimentos hasta este año (1844) importaban $571,054, ó sea un 4 por ciento del gasto total; pero referidos á los gastos hechos en cada mina, resultaba una proporción mucho más fuerte, pues para Morán, por ejemplo, era el 17 por ciento.

Los resultados posteriores de la Compañía hasta 1849 fueron malísimos, como se ve por la liquidación que á continuación ponemos:

Gastos desde 1824 á 1849	$ 16.218,489 00
Productos en las mismas fechas	„ 11.310,416 00
Pérdida en 23 años	$ 4.908,073 00

Mr. John H. Buchan vino á Real del Monte enviado por la Dirección para ver si era posible salvar á la Compañía de la crisis en que se encontraba. Burkart en su estudio de Real del Monte pone íntegros algunos párrafos del informe que Buchan presentó en Marzo de 1855, y que nosotros reproducimos porque resumen los trabajos de la Compañía inglesa y dan una idea muy clara del estado de la negociación cuando fué traspasada á los Sres. Escandón y Béistegui.

"Hasta el fin de 1847, los resultados generales del Real del Monte no habían sido favorables; las labores sobre las vetas Vizcaina y Sta. Brígida habían avanzado hasta la profundidad de 250 varas ($209^{m}.50$) debajo del socavón, ó bien 132 varas ($110^{m}.60$) abajo de las excavaciones más profundas del tiempo del Conde de Regla, y las dificultades del desagüe, tanto por la mayor afluencia de agua como por la mayor profundidad, habían crecido de tal manera, que las tres poderosas máquinas de vapor establecidas en Acosta, Dolores y Terreros que elevaban 2,700 galones (12,150 lit.) de agua por minuto con un costo anual de $90,000, apenas podían ya dominar los manantiales."

Vista de la mina "ESCOBAR"

La Compañía inglesa al principio de su empresa había conseguido fácilmente con dos pequeñas máquinas de vapor y un costo anual de $ 30,000 lo que el Conde de Regla se había visto obligado á abandonar en 1801, con 28 malacates y un costo anual de $ 250,000. Después, cuando se llegó á mayor profundidad y teniendo que elevar un volumen de agua mucho mayor, apenas bastaban para mantener el desagüe tres poderosas máquinas de vapor y un gasto de $ 90,000 anuales, y hubieran sido necesarios para el mismo efecto por lo menos 180 malacates con 7,800 caballos y más de 2,000 hombres y un gasto anual de $ 2.000,000. Así es que no sólo por el costo, sino también por el número de gente y de tiros necesarios para el trabajo de tantos malacates, hubiera sido absolutamente impracticable llevar las minas hasta su actual profundidad, haciendo el desagüe con caballos."

Habiéndose disfrutado ya tres ricos clavos sin poder cubrir la deuda de $ 5.000,000 y aumentadas á tal grado las dificultades del desagüe, no debe sorprender que se agotasen al fin la actividad y perseverancia que habían distinguido á los empresarios ingleses desde el año de 1825, después de gastos tan fuertes y de esperanzas siempre diferidas en tan largo período de tiempo. "Llegué á Real del Monte, dice Buchan, llamado por la Dirección á mediados de 1848, para ver lo que podía hacerse, y encontré los negocios en un estado muy crítico, por las deudas y compromisos contraídos en la ciudad de México, que ascendían á una gran suma y reconocían un fuerte interés. A esto se agregaba que las minas estaban produciendo mucho menos de lo que gastaban y que la Compañía estaba envuelta en dos litigios difíciles y costosos. No obstante, me persuadí de que si se pudiese conseguir un corto capital para satisfacer los compromisos más urgentes, é introducir algunas reformas en las haciendas de beneficio, sería posible poner la empresa en buen estado; pero los diversos intereses de los accionistas y los tenedores de bonos de la Compañía parecieron completar el natural desaliento de los parcioneros de Londres; y más bien que aventurar un nuevo capital, se disolvió la Compañía en el mes de Octubre de 1848, y yo quedé encargado por los apoderados de disponer del negocio en este país."

"No era cosa fácil, sin embargo, encontrar compradores á unas minas que habían caído en tan completo descrédito, y todavía era más difícil convencer á los capitalistas de que pudiese conseguirse con provecho una empresa que con toda la actividad y el capital de una poderosa Compañía inglesa había hecho perder, en el espacio de 23 años, $ 5.000,000, y cuyas minas, ya muy profundas y pobres, requerían para su explotación toda la potencia de las máquinas de vapor establecidas en ellas. Por lo mismo estoy muy reconocido á mis amigos D. Manuel Escandón y D. Nicanor Béistegui, que sin ser mineros, hicieron tanta confianza de mis opiniones técnicas, que en circunstancias tan desfavorables entraron en la empresa en Mayo de 1849, bajo condiciones que aunque no reembolsaban á los accionistas ingleses el capital perdido, los exoneraban al menos de toda responsabilidad ulterior."

"Explicaré brevemente los motivo que tuve para echarme encima la res-

ponsablidad de hacer entrar á los empresarios en este vasto negocio y para ofrecerles mejores resultados en lo sucesivo, mediante la exhibición de un nuevo capital."

"Haciendo la debida justicia á mis antecesores, por la habilidad y perseverancia con que concibieron y ejecutaron sus planes de explotación, y admitiendo que es mucho más difícil proyectar tales planes que criticarlos por sus resultados, no me pude disimular que la explotación se había hecho hasta entonces en límites muy estrechos y con gastos de establecimiento muy excesivos; y principalmente que, sin procurar con la debida eficacia hacer costeables los frutos pobres y abundantes que se tenían ó registrar y descubrir nuevas labores en las partes altas y todavía vírgenes de las vetas, se habían dirigido todos los esfuerzos á alcanzar frutos ricos á mayor profundidad, los que una vez descubiertos, no podían cubrir las fuertes sumas erogadas para llegar á ellos. La experiencia me había enseñado que para asegurar el éxito de una vasta empresa de minas, como la de Real del Monte, deben cubrirse los costos corrientes para explotarla con la extracción y beneficio de los metales pobres, pero abundantes que se encuentran en las vetas; de modo que los clavos ricos que se presenten siguiendo plan sistemático y regular de explotación, se alcancen sin esfuerzos ni gastos especiales y puedan así dar una buena utilidad. También era claro, que siendo ciertos gastos, como los generales, los del desagüe, alimentos de los dueños, etc., inevitables y poco más ó menos constantes sea cual fuere la escala en que se emprenda la explotación, debía procurarse mayor utilidad de los metales pobres para hacer frente á aquellos gastos, y por último, que para el buen éxito, era muy importante un sistema perfecto de economías en los diversos ramos de la empresa."

"Para llevar adelante este plan se comenzó por arreglar la contabilidad de tal modo que pudiesen verse claramente los resultados semanarios de cada mina y de cada hacienda, y compararse fácilmente entre sí las economías de cada ramo de la explotación. Con el objeto de disminuir los fuertes gastos de desagüe, se abandonaron para una época más bonancible, las labores más profundas de la veta Vizcaina, y con sólo la máquina de Dolores se mantuvo el agua á 140 varas (117^{m}·32) debajo del socavón; al mismo tiempo se hizo aumentar la extracción de los metales pobres que existían en grandes cantidades arriba de aquel nivel en los ramales del N. y del S. de Sta. Brígida y Sta. Inés, y se facilitó estableciendo pozos y tiros auxiliares, tornos, caminos de fierro subterráneos, patios de quebradero, etc., etc."

"A la vez que se tomaron estas disposiciones, se emprendieron algunas obras de investigación en los altos sobre la veta oriental y todavía virgen de la veta Vizcaina, fundándose en el hecho de haberse encontrado el rico clavo que se disfrutó cerca de los tiros de Sta. Teresa y de Terreros, en la reunión de la Vizcaina y La Tapona, que corre con rumbo casi igual al de la primera, y además, en que según las medidas cuidadosamente practicadas, debía haber una reunión semejante al O. de las antiguas y célebres minas de San Ramón y la Palma, que eran hasta entonces los labrados más orientales so-

bre la veta Vizcaina. Para resolver este problema, se coló hasta aquel pnnto un ramal del socavón, que según todas las apariencias estaba suspenso desde el tiempo del primer Conde de Regla, y después de haber atravesado un gran tramo estéril, ha alcanzado un nuevo clavo que promete mucho."

"Pero las grandes dificultades y costos del plan de explotación procedían de la necesidad de aumentar los medios de beneficio; pues sólo los había en una escala muy limitada en las haciendas de amalgamación de Sánchez y de Regla."

En el resumen anterior de los principales trabajos hechos por la Compañía inglesa, se ve que en el socavón del Aviadero sólo se trabajó con mucha lentitud, á pesar de las dificultades y del excesivo costo del desagüe, que debería esperarse fueran en aumento con la profundidad. La Compañía inglesa no comprendió la importancia de esta grande obra, ó no se aventuró á emprender en ella á causa del costo muy elevado que ocasionaría. Buchan por el contrario, comprendió que el porvenir del Distrito de Real del Monte y el éxito de la nueva empresa dependían de la prosecución de esta obra, y á continuación ponemos sus opiniones sobre el socavón del Aviadero:

"Es cierto que la gran longitud del socavón de 4,500 yardas (4,114^{m}·80) desde su boca hasta el tiro de Dolores, y el tener que atravesar en su mayor parte roca muy dura, hacía esta empresa costosa y dilatada; pero si la Compañía inglesa lo hubiera seguido con actividad y sin interrupción aplicándole solamente las sumas que invirtió en el establecimiento de máquinas de vapor de más potencia, hace tiempo que la obra hubiera llegado á la veta, y sin duda hubiera dado otro giro á los negocios de la Compañía."

"Cuando se volvió á emprender el trabajo de las minas en 1825, los planes más profundos estaban solamente á 108 varas (90^{m}·50) debajo del socavón viejo, de modo que el nuevo hubiera desaguado todos los labrados, y hubiera permitido ahondarlos debajo de aquel nivel, como lo hizo el primer Conde de Regla con el primer socavón, contándose además con las máquinas de vapor sobre los malacates de caballos para hacer el desagüe. Pero desgraciadamente se prefirió el método, que se creyó más rápido, de profundizar las minas á fuerza de poderosas máquinas de vapor, al más lento, pero más seguro, de avanzar el socavón hasta comunicarlo, habiendo estado tan descuidada esta obra en el espacio de los últimos 25 años, que todavía le faltan 3,000 yardas (2745^{m}·20) para cortar la veta Vizcaina."

"El plan de trabajos actual, para asegurar ante todo la estabilidad de la Compañía, consiste en aprovechar y beneficiar con utilidad los metales pobres que se hallan descubiertos merced á la máquina de vapor que está andando, registrando á la vez en los pisos superiores los macizos extremos y vírgenes de la veta Vizcaina; pero también es de la mayor importancia no descuidar la gran obra del socavón, que además de desaguar todo el Distrito hasta las profundidad de 300 yardas (274^{m}·32) y de descubrir probablemente frutos de importancia en algunas de las muchas vetas que tiene que atravesar, formará una nueva época en la explotación de las profundas minas de la

veta Vizcaina, reduciendo cuando se comunique con ella, la profundidad del desagüe de 240 á 110 yardas ($219^{m}.45$ á $100^{m}.58$), y haciendo otra vez costeables, por consiguiente, las labores que se abandonaron en buenos frutos en los planes de Terreros y de Dolores."

"Actualmente (1852) sólo se cuelan dos frentes del socavón del Aviadero, y apenas avanzan 3 varas ($2^{m}.514$) por semana, pero luego que las circunstancias lo permitan, se pondrán otros dos cabos y podrá concluirse el socavón en cinco años, haciendo subir considerablemente el valor de las pertenencias de la actual Compañía de minas de Real del Monte."

Los trabajos del socavón se activaron y para darles mayor importancia se emprendió la apertura de nuevas lumbreras, que á la vez que facilitaban la ventilación, permitían aumentar el número de frentes y por consiguiente el cuele de la obra. A fines de Octubre de 1859 el Sr. D. Pascual Arenas, profesor de explotación en la Escuela Práctica de Minas, hizo el estudio de las de Real del Monte, y según los datos recogidos por él, el socavón del Aviadero medía:

De la boca hasta la frente S. del socavón, en roca estéril y muy dura	$1061^{m}.59$
Desde la frente N. de Acosta hacia el S., sobre la veta de Sta. Brígida	377 . 10
Del tiro de Dolores hasta la frente N. del socavón sobre la misma veta	575 . 71
Cuele total hasta Octubre de 1859	$2014^{m}.40$

El socavón que se rompió en roca estéril cortó á los 497 metros de la boca dos ramales de la veta de la Virgen, 350 metros más al S. llegó á la veta de Valenciana, y se rompieron dos frentes al E. y al W. para explorarla; el ramal del W. se coló 170 metros y 167 metros el del E. sin encontrar buenos frutos. Más al S. se hallaron las vetas de Ompaques y San Felipe sobre las que se emprendieron obras de investigación con malos resultados.

No solamente dependía el éxito de la Compañía mexicana de las reformas que se introducían en el Real del Monte y de los productos que de las minas de este Distrito pudieran obtenerse, sino tenían sobre él gran influencia los resultados de las muchas minas que en el Distrito de Pachuca poseía la misma Compañía que eran sobre la veta del Xacal, las minas de San Cristóbal, Xacal, Rosario, Guatimotzin, Dolores y La Reunión, esta última en el punto de unión de la veta del Xacal y la Vizcaina, de donde le vino su nombre. Las minas de Llave y Sta. Rita, sobre las vetas del mismo nombre; la de San Francisco sobre la veta de Calicanto, y además las minas de El Perro, del Candado, de San Nicanor, de Milanesa y otras muchas que por los gastos que ocasionara su explotación y por los resultados que de ellas se obtuvieran, afectaban directamente el éxito de la empresa.

A continuación ponemos un resumen de los trabajos en los dos Distritos, hecho por Buchan.

Tip. y Lit. «La Europea»—México

Vista de la mina "CABRERA"

"Las investigaciones sobre la parte oriental de la veta Vizcaina, dice Buchan, se han seguido con buen éxito, y habiéndose comunicado el tiro nuevo de San Patricio á 300 varas ($251^{m}.40$) de profundidad contadas desde el marco con el ramal oriental del socavón, ha quedado perfectamente ventilada esa parte de las minas, de modo que se ha podido disfrutar en una extensión considerable los laboríos descubiertos, de los que se ha hecho en los últimos tres años (1852–1854) una extracción de 225,000 quintales (10,355 tons. 543) que han producido 6,900 marcos ($1587^{k}.85$) de plata. Aunque este clavo ha dejado una buena utilidad, ha sido muy inferior, tanto en cantidad como en clase, á los que se han disfrutado antes sobre la misma veta; sin embargo, queda todavía por registrar un gran tramo de veta virgen en esa dirección, y el ramal del socavón, después de haber caminado unas 200 varas ($167^{m}.60$) en borra, ha vuelto á alcanzar pintas ricas y presenta indicios de proximidad de otro clavo. Si bien salieron un tanto fallidas las esperanzas que se habían concebido respecto de la mina de San Patricio, en cambio la mina del Rosario en Pachuca las ha compensado ampliamente, excediendo con mucho los cálculos que se habían aventurado, al realizarse la esperanza de encontrar un tramo rico en la reunión de las vetas del Xacal y del Rosario." "De 1851 á 1858 produjo la mina del Rosario 702,577.5 cargas ($97,007^{ton}.61688$) de mineral; de las que 17,248.5 cargas ($2,381^{ton}.56770$) se trataron por fundición y 685,399 cargas ($94,626^{ton}.04918$) se beneficiaron por toneles según el método de Freiberg. El producto en plata fué de 1.016,235 marcos, ó sea $233,859^{kg}.21966$ de plata con un valor de $8.854,231.00. Los costos hechos fueron de $4.755,564, de donde resulta una utilidad de $3.898,667. La ley media del metal extraído fué de 14.46 marcos por montón, $2^{kg}.460$ por tonelada métrica."

"La longitud del clavo, continúa diciendo Buchan, es de unas 200 varas ($167^{m}.60$), pero hacia la profundidad todavía no se conocen sus límites, pues en los planes más profundos á 100 varas ($83^{m}.80$) debajo del socavón se presenta el metal con 6 varas ($5^{m}.028$) de anchura y la veta presenta todavía mejor aspecto que en la parte superior. Los frutos de la mina del Rosario, aunque son muy abundantes no son ricos; contienen una ley constante de 13.5 marcos por montón de 3,000 libras, ó $1,380^{kg}.73702$ ($2^{mg}.25$). Sin embargo, no entran bien por el beneficio de patio, y necesitan tratarse por el método de toneles, para lo cual es preciso transportarlos á las haciendas de Sánchez, Velasco y San Miguel, que distan 8 y 14 millas inglesas ($12^{km}.874$ y $22^{km}.530$)."

"La mina se maneja económicamente por medio de un socavón, en el cual hay un camino de fierro para la extracción de la carga, 40 varas ($33^{m}.52$) debajo de esta excavación; el agua estorbó los trabajos é hizo necesario establecer el desagüe artificial, pero como este desagüe estaba ligado con la desecación general de todas las minas del Distrito de Pachuca, se consideró conveniente adquirir posesión de la mina contigua del Xacal, que fué en otro tiempo muy productiva, aunque estaba abandonada hacía casi un siglo, por ser ya imposible desaguarla con fuerza de caballos, y que ofrecía grandes

ventajas para establecer el desagüe por vapor, puesto que según se decía, los planes habían quedado en frutos muy ricos, y aun en los altos existía una gran cantidad de frutos rebeldes, semejantes á los del Rosario, que los antiguos no podían beneficiar. En consecuencia se hizo un convenio con los dueños de todas las minas vecinas, por el cual debían ceder á la Compañía la décima parte de todos los frutos que extrajesen de aguas abajo, por el desagüe de sus minas, y después de haber asegurado sobre las del Xacal y San Cristóbal la posesión de una pertenencia de 1,600 varas ($1340^{m}\cdot80$) al W. del Rosario, y sobre las de Guatimotzin y Dolores igual extensión al W., se estableció una máquina de vapor de 30" ($0^{m}\cdot762$) de diámetro en el tiro viejo de San Nicolás, al W. de la mina del Xacal, que por ser el más próximo á la del Rosario se creyó más á propósito para desaguarla. Las bombas comenzaron á trabajar en Marzo de 1853, y el mes de Noviembre siguiente habían arrastrado el agua en el plan del tiro de San Nicolás á la profundidad de 104 varas ($87^{m}\cdot152$), y desaguado completamente la mina del Rosario, que desde entonces se ha seguido trabajando á la profundidad de 100 varas ($83^{m}\cdot80$) debajo del socavón."

"Entretanto se ha colado 30 varas ($25^{m}\cdot14$) más el tiro de San Nicolás, pero resultando que no acude el agua de los planes de la mina del Xacal que están á unas 400 varas ($335^{m}\cdot20$) al P., cerca de los tiros de San Regis y de Guadalupe, se dispuso montar otra máquina de vapor de 30" ($0^{m}\cdot762$) en el último de estos tiros hacia la parte occidental de la mina. El aspecto de las excavaciones antiguas y de los bordos que se han descubierto cerca del tiro de San Regis al bajar el agua, confirman las noticias que se tienen sobre la antigua riqueza de la veta, y la extracción de 400 cargas ($55^{ton}\cdot22956$) que se está haciendo de las labores inmediatas á San Nicolás, no sólo cubre los costos de la mina del Xacal, sino que deja una buena utilidad."

"Además de las obras mencionadas, se llevan otras de investigación, que aunque cuestan poco, pueden descubrir algún clavo de importancia. A éstas pertenece un socavón sobre la veta del Xacal que se lleva hacia el W. atravesando la alta montaña de San Cristobal, y que es una obra semejante á la que descubrió la actual mina del Rosario. Cerca de las intersecciones de la veta del Xacal con otras varias vetas anchas, se ha emprendido el cuele del tiro de la Reunión."

En Real del Monte, según dice Buchan: "El tiro del Tejocote, situado cerca de los puntos en que se junta la veta de Sta. Inés con las del Tejocote y de Vargas y con otra gran veta, se está ahondando para registrar estos puntos. La investigación de la parte occidental de la veta Vizcaina por medio de los tiros de San Juan y San José, tiene el objeto de registrar las vetas en aquellos puntos donde se junta la del Xacal de Pachuca con las vetas Tapona y Vizcaina, las que deben encontrarse entre los tiros mencionados, y en los cuales, según los caraeteres generales bien conocidos de estas vetas, es de esperarse que sus frutos se ennoblezcan."

"De las vetas de Sta. Brígida y Sta. Inés se ha hecho una extracción no

interrumpida de metales pobres y rebeldes para surtir de carga á las haciendas de toneles. En los primeros seis años se han beneficiado 369,265 cargas ($50,985^{ton.}859$) de estos frutos, que han producido 269,077 marcos ($61,920^{kg.}852$) de plata, ó por término medio 7¼ marcos por montón ($1^{mg.}214$), y aunque no han dado grandes ganancias, han sido un auxilio de importancia para los fondos de la Compañía. Ahora que las minas del Xacal y del Rosario producen frutos más ricos para los toneles, se ha reducido gradualmente la extracción de Sta. Brígida y Sta. Inés y sus frutos quedaron reservados para una época de mayor necesidad."

La producción de frutos de las minas de Pachuca fué en aumento, y á proporción que crecía se disminuía la de las minas del Real del Monte; sin embargo, en 1858 los frutos que se beneficiaban por patio en la hacienda de Regla eran extraídos de las vetas de Sta. Brígida y Sta. Inés por ser más propios que los demás para su tratamiento según el método de Bartolomé de Medina; la cantidad extraída la estima Burkart en 229,164 quintales ($10,547^{kg.}189$) en 1858. Las obras emprendidas al W. del tiro de San Patricio, en los primeros años de la empresa y continuadas después en los niveles superiores, dice Burkart, no dieron frutos de alguna importancia.

Respecto de las obras emprendidas al P. de la Vizcaina según las noticias recogidas por Burkart, no dieron resultado, pues los tiros de San Juan y San José, este último empezado por el segundo Conde de Regla, demostraron que en esa región á las profundidades reconocidas, la veta Vizcaina no se mostraba noble.

Los trabajos emprendidos para reconocer el punto de unión de las vetas Vizcaina, Tapona y Xacal, no alcanzaron frutos de importancia, sino pequeños boleos, cuyo disfrute se hacía en poco tiempo.

"Las máquinas de vapor de 30" ($0^{m.}762$) establecidas en los tiros de San Nicolás y Guadalupe, escribe Burkart, no parecieron suficientes para llevar las minas á mayor profundidad, por lo que se resolvió profundizar y habilitar como tiro general de desagüe, con una máquina de mayor potencia, el de San Juan, situado al S. del de San Nicolás, más al alto de la veta. Este tiro cortará la veta del Xacal á 340 ó 350 varas ($284^{m.}92$ ó $293^{m.}30$) de profundidad, y se colará 100 varas ($83^{m.}80$) más sobre ella, de modo que su profundidad total será de 400 varas ($355^{m.}20$) y servirá para desaguar y explotar las minas situadas sobre la veta del Xacal."

La máquina instalada en el tiro de San Juan, que empezó á funcionar en 1859, es una máquina muy poderosa y perfectamente construída; sus dimensiones, el esfuerzo que desarrolla, etc., se pueden ver en el Boletín "El Mineral de Pachuca."

La importante obra del socavón del Aviadero vimos que se iba colando poco á poco y que para activar su cuele se esperaba terminar las lumbreras; tan luego como éste fué concluído se trabajó con mayor actividad, llegando á cortarse la Vizcaina en 1868.

Posteriormente se han abierto muchos ramales que al nivel del Aviadero

ponen en comunicación directa todas las minas del Distrito; muchos tramos se han labrado sobre las vetas á fin de explorarlas, pero también hay muchos de gran extensión como el crucero de Dificultad, sobre roca estéril, y labrados sólo con el fin de dar una salida á las aguas de esta mina.

La tabla que ponemos á continuación da idea del desarrollo de esta obra:

Colado hasta 1848, parte en roca estéril y parte sobre Sta. Brígida	2862^{m}·00
Idem por la Compañía mexicana hasta 1868	3595 . 00
Idem sobre las vetas Valenciana y Ompaques	756 . 00
Idem sobre la veta de Morán por la Compañía mexicana	546 . 00
Idem sobre la veta de San Pedro y San Pablo	480 . 00
Idem sobre la veta de Acosta	184 . 00
Idem sobre roca estéril en el crucero de Dificultad	375 . 00
Idem sobre la veta Tapona y sobre el ramal de San Patricio	320 . 00
Idem sobre la veta de Sta. Inés al N. hasta San Vicente.	360 . 00
Idem sobre la veta de Sta. Inés al N. de San Ignacio á Dificultad	500 . 00
Idem sobre la veta al N. de Dificultad	27 . 00
Suma	10505^{m}·00

Hay otros ramales sobre las vetas de Cabrera, Escobar, Gran Compaña, Resquicio, Providencia, Patrocinio, Cuchara, Resurrección y otras, que en conjunto tienen una longitud de 1870 metros, que unidos á los anteriores, dan para el socavón del Aviadero en el año de 1898 una longitud total de 12,375 metros.

Sería de mucho interés conocer de una manera exacta el costo de esta obra, pero desgraciadamente sólo podemos hacer un cálculo aproximado por falta de datos precisos. Si se atiende al costo del metro de cuele del socavón de Azoyatla que fué de $80 en números redondos, á que antiguamente el precio por metro de cuele era muy elevado en Real del Monte, y á que aun en la actualidad, el precio á que se acostumbra pagar el cuele en obras amplias como es el socavón en la mayor parte de su longitud, no me parece exagerado suponer por término medio $65 por metro; con lo que resulta para el costo del socavón la cantidad de $804,375; si á esto se agrega el costo de las lumbreras, entre las cuales se cuentan la de Guerrero, Aviadero, Aguascalientes y otras más, creemos que se puede decir sin gran error que el costo total de esta obra se acerca á un millón de pesos.

Terminado el socavón del Aviadero en 1868, se activó el desagüe de la veta Vizcaina, trasladando en ese año al tiro de San Cayetano la máquina de Acosta para ayudar á la de Dolores, habiéndose trabajado en el desagüe en San Cayetano hasta Febrero de 1874, fecha desde la que ha quedado suspendido.

Tip. y Lit. «La Europea»—México

Vista de la mina "MORAN"

En Octubre del mismo año (1874) se suspendió el desagüe de Dolores por muy corto tiempo, pues en Febrero de 1875 comenzó de nuevo, continuando hasta el año de 1877 en que de nuevo se suspendió hasta Septiembre de 1884, fecha en que se volvió á trabajar. Posteriormente se suspendió el 7 de Abril de 1896 por el derrumbe de las tablas S. y E. del tiro, en su parte inferior, abajo del cañón de Sta. Teresa, y no ha vuelto á trabajar desde esa fecha.

Se han hecho muchos esfuerzos para reponer el tiro de Dolores que pronto quedará mamposteado en una gran parte de su extensión. En Real del Monte se dice que pronto trabajará el desagüe de Dolores y se emprenderá en obras de disfrute é investigación en algunas partes de la veta Vizcaina; no podemos asegurar que esto sea cierto, pero sí nos consta que se están poniendo guías para las chalupas en el tiro de Dolores y que se lleva una frente hacia el E. en la mina de Terreros al nivel del cañón Taylor.

En el año de 1884, con el fin de desaguar los planes más profundos de la mina de Morán, instaló la actual Compañía de Real del Monte y Pachuca la máquina de columna de agua representada en la lám. 12,[1] que empezó á trabajar en Junio de 1885.

Aunque los labrados de la veta de Sta. Inés son mucho más profundos que los de Morán, el agua se mantiene en esta mina y en general en las de la región al N. de la veta de San Esteban á un nivel más elevadó que en las minas situadas al S. de la citada veta; la diferencia de nivel de las aguas en estas dos regiones es de 60 metros, lo que se debe á la presencia de una zona de rocas de apariencia rhyolítica muy cargadas de cuarzo que atraviesan la región de NW. á SE. similando un dique varias veces ramificado que toca por el alto á la veta de Morán y por el bajo á la de San Esteban, cuya impermeabilidad es la causa de la independencia de régimen de las aguas subterráneas de estas dos regiones.

El agua que movía la máquina de Morán se tomaba de la presa llamada del Rey, cuyo contenido se estima en 120.00 ms.^{3}; por una atarjea se llevaba hasta el estanque de Los Alemanes, de donde salía entubada hasta llegar á la máquina situada dentro de la mina al nivel del socavón del Aviadero, por donde se le daba salida juntamente con la de la mina que la máquina subía hasta este nivel. Del estanque de Los Alemanes á la boca del tiro de Morán hay una altura vertical de $105^{m}.38$, y de este punto al socavón del Aviadero $118^{m}.46$; la caída total disponible entre los dos puntos extremos de la tubería es pues de $223^{m}.84$.

La lámina 12 representa el momento en que se prepara la entrada del agua

1 A principios de este siglo el Sr. Ingeniero D. Andrés del Río instaló en la mina de Morán de Real del Monte, una máquina de columna de agua con el fin principal de dar á conocer en el país esta clase de motores y las ventajas que podrían sacarse para el aprovechamiento de caídas de agua. No sabemos á qué servicio se destinaría esta máquina que estaba colocada en el exterior de la mina, ni qué resultados se obtendrían con ella. Burkart, en su informe, no dice nada referente á ella, por lo que suponemos que ya no trabajaba en tiempo de la Compañía inglesa.

al cuerpo de bomba de la máquina para empezar el movimiento ascendente del émbolo. El agua que viene por el tubo X pasa por B al tubo horizontal que establece la comunicación con el cuerpo de bomba, y obrando sobre el plumger (p) lo levanta hacia arriba y con él por medio de la varilla (f) la cadena que mueve la bomba y que hace salir el agua de la mina por el tubo (z). El tope (t) en su movimiento ascendente levanta la palanca (b) al terminar la carrera ascendente del émbolo, y por medio de una biela unida á esta palanca la válvula (a) se levanta, abre el conducto (m′) y el agua que obra sobre la parte superior del émbolo que arregla la admisión del agua en el cuerpo de bomba de la máquina sale. Con esto se levanta el émbolo (b) abriendo el escape y cerrando la admisión, con lo que empieza el movimiento descendente del émbolo producido por el peso de la cadena. Un tope simétrico al anterior obliga á bajar la varilla (b) y con ella al émbolo (a) cerrando el conducto (m′) y permitiendo al agua bajo presión que viene por el conducto (m) que llegue á la cara superior del émbolo que arregla la distribución. Este baja y con él el émbolo (b), con lo que queda abierta la admisión y comienza el golpe ascendente. El émbolo (b) que por su movimiento ascendente y descendente cierra la admisión y abre el escape ó viceversa, está unido por medio de una varilla á un émbolo de superficie un poco mayor y que se ve en la figura al lado de (m′); por esto cuando se establece la comunicación entre la cara superior de este émbolo y la atmósfera por medio del tubo de escape (m′), el exceso de presión lo obliga á levantarse hacia arriba; lo contrario sucede cuando al bajar la válvula (a) llega el agua por (m).

Un aparato especial permite abrir más ó menos una válvula y graduar así la velocidad con que entra ó sale el agua del cuerpo de bomba (c) con lo cual se arregla la velocidad de la máquina.

Como el tiro es de arrastre, para evitar la flexión de la varilla del émbolo lleva ésta una rueda (r) que se mueve sobre la corredera (g). La parte superior de la varilla lleva un tope que chocando contra fuertes piezas de madera detiene el movimiento del émbolo antes de que toque al fondo del cuerpo de bomba.

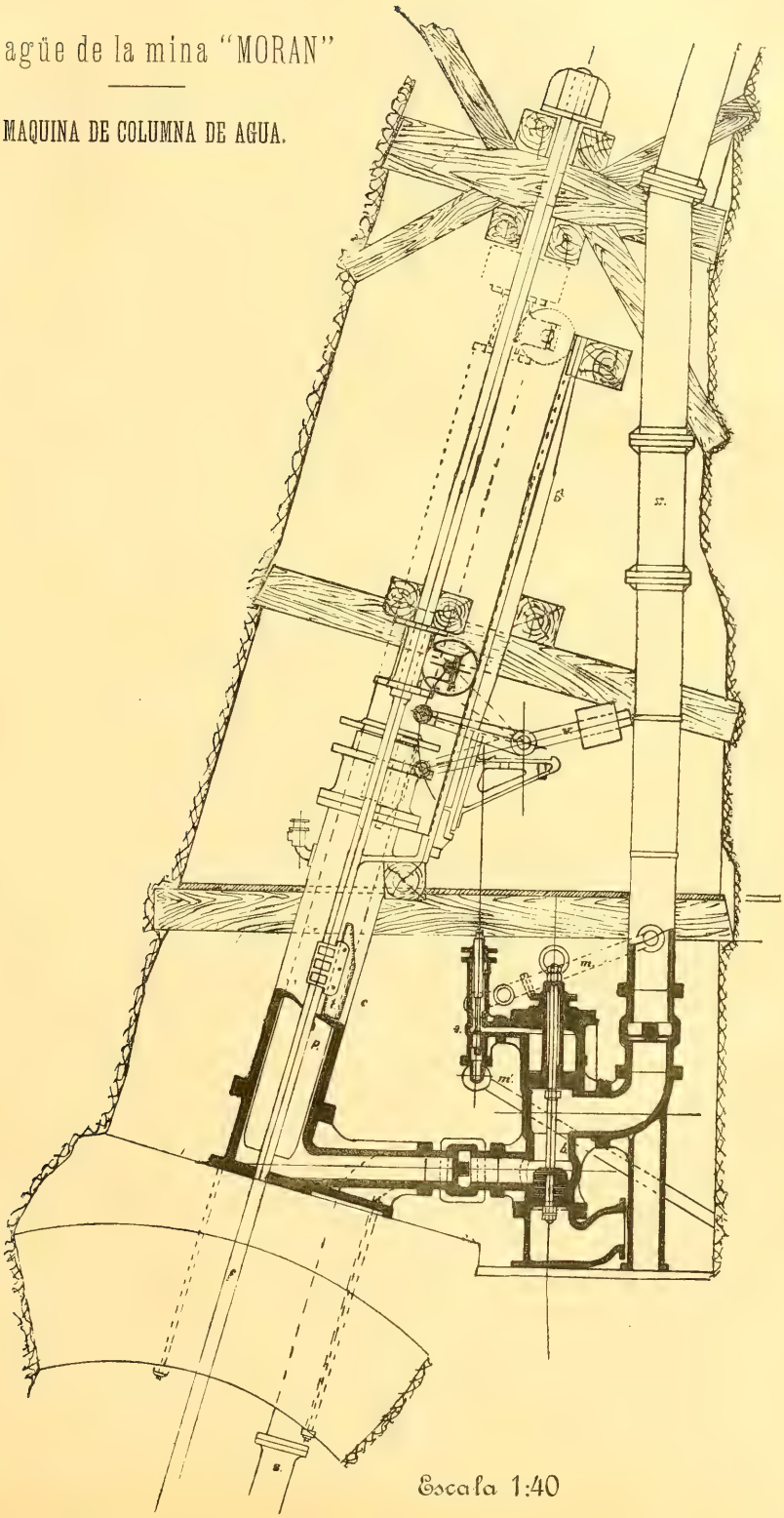
El diámetro del plumger es de $0^{m}.40$ y la carrera de $2^{m}.50$; marchaba con una velocidad de siete golpes por minuto, desarrollando en estas condiciones un trabajo de 75 caballos. La altura á que elevaba el agua era de unos $30^{m}.00$.

Esta máquina, cuya capacidad se calculó para desarrollar 400 caballos, fué traída de Inglaterra y costó ya instalada en el tiro de Morán la cantidad de $19,838.97. Hace algún tiempo que no trabaja porque, instalada como ya hemos dicho en un tiro de arrastre, su marcha era poco regular, exigía frecuentes reparaciones costosas, y finalmente, los metales que se presentaban en los planes de Morán no compensaban ni por su abundancia ni por su ley los costos que el desagüe ocasionaba.

Los trabajos que se llevaban sobre la veta de Sta. Inés descubrieron un extenso clavo de metal cerca del tiro de San Ignacio, en pertenencias de la

Desagüe de la mina "MORAN"

MAQUINA DE COLUMNA DE AGUA.



Escala 1:40

mina de Jesús María y que penetra al O. por el echado de la veta á la cuadra de la mina de Ahuichote de la Negociación de Sta. Inés, y por el N. en casi todos los cañones de la mina de La Dificultad. Con el fin de hacer el disfrute á la profundidad de este rico é importante clavo, se instaló la máquina de La Dificultad, del sistema Woolf, muy diferente de las demás máquinas de desagüe usadas en los dos Distritos que son todas del tipo del motor de Cornwall.

Antes de emprender la descripción del desagüe en Dificultad, haremos algunas consideraciones:

El desagüe de las minas ha sido en todas épocas una de las más grandes dificultades con que se ha tropezado en su explotación, y con el fin de desaguarlas es como se ha realizado la primera aplicación industrial del vapor en la máquina atmosférica de Newcomen, máquina rudimentaria de la que no podía esperarse sino un trabajo poco regular y menos económico. En este estado rudimentario se encontraban las máquinas de desagüe cuando Watt se ocupó en ellas, y á su genio se deben todas las modificaciones que se les ha hecho hasta alcanzar el grado de perfección que hoy tienen. Las importantes modificaciones hechas por Watt fueron las siguientes: Cerrar el cilindro en sus dos extremidades, con lo que se quitó la intervención de la presión atmosférica como fuerza motriz, sustituyéndola por la fuerza elástica del vapor de agua; evitar la fuerte pérdida de fuerza elástica ocasionada por la condensación del vapor dentro del cilindro, para lo cual se hacía ésta en un receptáculo independiente; el empleo de la camisa de vapor para el cilindro; el paralelógramo articulado que lleva su nombre, con el cual se logró producir la curva de larga inflexión que exigía la articulación entre la varilla vertical del émbolo y el balanzón. También inventó Watt el motor de doble efecto, la combinación cinemática de la biela y manezuela y el mecanismo de la excéntrica y la corredera para arreglar la distribución; en una palabra, de un motor enteramente rudimentario é imperfecto formó una máquina adaptable á cualquiera industria, y tan perfecta, que como dice Callon: "las modificaciones que ha sufrido más merecen el nombre de cambios que de perfeccionamientos."

Sin embargo, las máquinas modernas del tipo de Cornwall presentan una modificación importante, como es el empleo de la expansión, que aunque imaginada por Watt, no pudo llevarla al terreno de la práctica.

En estas máquinas el vapor que viene de la caldera obra sobre una de las caras del émbolo á plena presión durante una parte de la carrera, la que se termina por la expansión del vapor; en seguida pasa el vapor lentamente á la cara opuesta del émbolo, formando así un resorte que se opone al movimiento rápido de éste; casi al terminar la carrera se produce el escape del vapor hacia el condensador y al mismo tiempo se cierra la comunicación entre las dos caras del émbolo, quedando encerrada una pequeña parte del vapor en el cilindro, la que se comprime por el movimiento del émbolo y llena los espacios nocivos disminuyendo la pérdida de fuerza elástica que ocasio-

nan. La marcha del vapor se arregla por medio de cuatro válvulas: la primera, llamada "gobernadora," es accionada directamente por el maquinista, en seguida está la válvula de admisión accionada por una catarata; viene en seguida la válvula de equilibrio, también movida por una catarata, y por último la de escape. La catarata no es más que una pequeña bomba que se carga rápidamente y cuyo descargue se puede hacer tan lento como se quiera y tiene por objeto producir intermitencias en la marcha de la máquina.

Las válvulas funcionan de la manera siguiente: Un momento antes de empezar el movimiento del émbolo se abre la válvula de escape, con lo cual se logra un avance en la condensación; en seguida se abre la válvula de admisión y comienza la carrera del émbolo á plena presión hasta el momento que se puede arreglar á voluntad, en que se cierra la válvula de admisión; la expansión termina la carrera; se abre en seguida la válvula de equilibrio, el vapor pasa á la cara opuesta del émbolo, y poco antes de terminar la carrera de éste se cierra la válvula de equilibrio y se abre la de escape, y finalmente la de admisión, con lo que queda arreglado el golpe siguiente. Las ventajas de esta distribución son importantes: la apertura violenta y completa de la válvula de admisión evita las pérdidas que provienen del estrangulamiento del vapor; el paso de éste de una á otra cara del émbolo hace que el cilindro se encuentre siempre lleno, con lo que se impide su enfriamiento; la apertura de la válvula de escape antes que la de admisión haciendo que se anticipe la condensación, disminuye la contra-presión desde el principio de la carrera, y finalmente, la válvula de equilibrio, cerrándose antes de terminada la carrera, disminuye el mal efecto de los espacios nocivos; todas estas circunstancias contribuyen para el buen aprovechamiento del vapor y hacen muy económica la marcha de estas máquinas, muchas de las cuales han llegado á funcionar con un consumo de carbón de 1 kg. por caballo-hora. La lentitud de su marcha disminuyendo el trabajo de frotamiento hace que sea bastante elevado su rendimiento, que en las máquinas bien construídas y conservadas se eleva al 80 ú 84 por ciento.

En las máquinas de simple efecto suele suceder que por ruptura de la cadena choque el émbolo contra las tapas del cilindro; para evitar esto el mejor remedio es acudir á alguna combinación cinemática que limite rigurosamente el movimiento del émbolo; la más usada es la de la biela y manezuela unida á un volante que para reducir el efecto de los puntos muertos tendrá que estar animado de un movimiento circular continuo; esta combinación se presenta en las máquinas de doble efecto.

A medida que la máquina es más poderosa, mayores deben ser los esfuerzos para hacer su marcha económica, aprovechando mejor la fuerza elástica del vapor aumentando la expansión. Son muy conocidos los inconvenientes que ocasiona una larga expansión cuando se produce en un solo cilindro y por esto se ha multiplicado el número de ellos, haciendo trabajar el vapor en un cilindro á plena presión durante toda ó parte de la carrera, continuando la expansión en los demás, con lo cual se tiene el sistema llamado de Woolf.

Tip. y Lit. «La Europea.»—México

Vista de la mina "LA DIFICULTAD"

La máquina de Dificultad de este sistema es de doble efecto, los cilindros de diferentes diámetros están colocados uno al lado del otro, de manera que sus ejes queden en un plano vertical y perpendicular al plano medio del balanzón. Las varillas de los émbolos se unen á una fuerte pieza horizontal que se mueve entre dos guías y que en su punto medio se articula á uno de los extremos del balanzón por medio de una fuerte y corta biela; la pieza horizontal se prolonga á uno y otro lado de los guías y lleva en sus extremidades dos largas bielas que comunican un movimiento de rotación á dos volantes situados á uno y otro lado de la máquina. La distribución está arreglada por medio de resortes, contrapesos y palancas accionadas por varios topes fijos en varillas verticales, que reciben un movimiento rectilíneo alternativo por medio de una biela que se une al balanzón cerca del centro de rotación de éste.

La presencia del volante es necesaria en estas máquinas para regular el trabajo y disminuir la fatiga de los órganos, pues el exceso de fuerza al empezar la carrera es absorbido por la masa de los volantes y restituída después hacia el fin de la carrera.

Para aprovechar las intermitencias después de cada vuelta, circunstancia muy importante en las máquinas de desagüe, los volantes son perezosos, es decir, que están calculados para que se paren al terminar el golpe y pueda funcionar la catarata, la cual puede separarse de la máquina cuando se desee marchar de una manera continua. Se procura que los volantes se detengan un poco después de pasar el punto muerto, pero puede suceder que algún exceso de resistencia absorba el exceso almacenado por el volante y que en este caso se detenga antes de llegar al punto muerto, entonces en el golpe siguiente el movimiento del volante se hará en sentido contrario.

La manera como trabaja el vapor en la máquina de Dificultad es la siguiente: entra á plena presión al cilindro chico en donde puede terminar la carrera á plena presión ó bien haciendo que el vapor empiece á obrar con expansión desde este cilindro, pasa luego al cilindro grande donde continúa la expansión y en seguida va al condensador que en esta máquina es independiente.

El otro extremo del balanzón se articula por medio de una biela al extremo superior de la cadena, guiada por una corredera empotrada en el macizo de mampostería que sostiene el balanzón.

El bomberío consta de una bomba Rittinger colocada al nivel 419 metros (véase lám. 16, en a y x) y de una bomba elevadora situada en la caja de agua del tiro á la profundidad de 565 metros, cuyo émbolo se ve en (b′). Esta bomba, que tiene $0^{m}.890$ de diámetro y $3^{m}.00$ de carrera, eleva el agua hasta el nivel de la bomba Rittinger, ó sea $50^{m}.00$. Para poder prolongar el bomberío á medida que el tiro se profundice, la bomba elevadora está suspendida por fuertes tornillos (t) que permiten hacerla bajar la longitud de un tubo y empalmar el siguiente. La bomba Rittinger de $0^{m}.600$ de diámetro y $2^{m}.50$ de carrera, eleva el agua por el tubo (b) hasta el nivel del Aviadero, situado 100 metros más arriba.

El movimiento de las dos bombas se produce por medio de la cadena en la que podemos distinguir tres partes: la primera comprendida entre la boca del tiro y el socavón de Acosta que es de fierro, la segunda de este punto hasta el balanzón, á la profundidad de 397 metros, tiene una longitud de 277; por último, la parte inferior que, como la anterior, es de madera, se prolonga de este balanzón (B), y para evitar la flexión de la cadena á más de las guías (G) que mantienen su verticalidad y evitan los golpes de fueteo, hay otras (G′ G′) que obligan á un carro (e) que lleva los muñones del balanzón á avanzar ó retroceder en el movimiento oscilatorio de este órgano.

La cadena (c) está parcialmente equilibrada con la ayuda de tres acumuladores hidráulicos iguales al que se ve en (A) en la lámina 16, y de los cuales uno está situado en la boca de la mina, otro al nivel del socavón de Acosta y el tercero á la profundidad del Aviadero, ó sea á los $312^{m}00$. La manera como funcionan estos acumuladores es muy sencilla, dos plumgers (p) fijos á uno y otro lado de la cadena en (D) se mueven dentro de los cuerpos de bomba (h′, h′). Durante el movimiento de descenso de la cadena el agua que llena los cuerpos de bomba se ve obligada á pasar por el conducto (X) al cuerpo de bomba del acumulador y levanta el émbolo de éste, que sostiene un peso de cerca de 80 toneladas. En el movimiento ascendente de la cadena el agua sigue un movimiento en sentido contrario obligada por la carga que soporta el émbolo del acumulador.

La poderosa máquina de Dificultad tiene potencia para 900 caballos y para continuar el desagüe á 150 metros más abajo que el nivel actual. Las láminas 14 y 15 representan el balanzón y el juego de la distribución y pueden dar idea de las dimensiones de este importante motor.

A continuación ponemos los datos para el cálculo del trabajo de los dos motores más importantes de desagüe del Distrito de Real del Monte, la máquina de Dificultad y la de Dolores:

Máquina de Dificultad.

Diámetro del cilindro de alta presión	$1^{m}20$
„ „ „ „ baja „	1 . 95
Carrera común de los dos cilindros	3 . 00

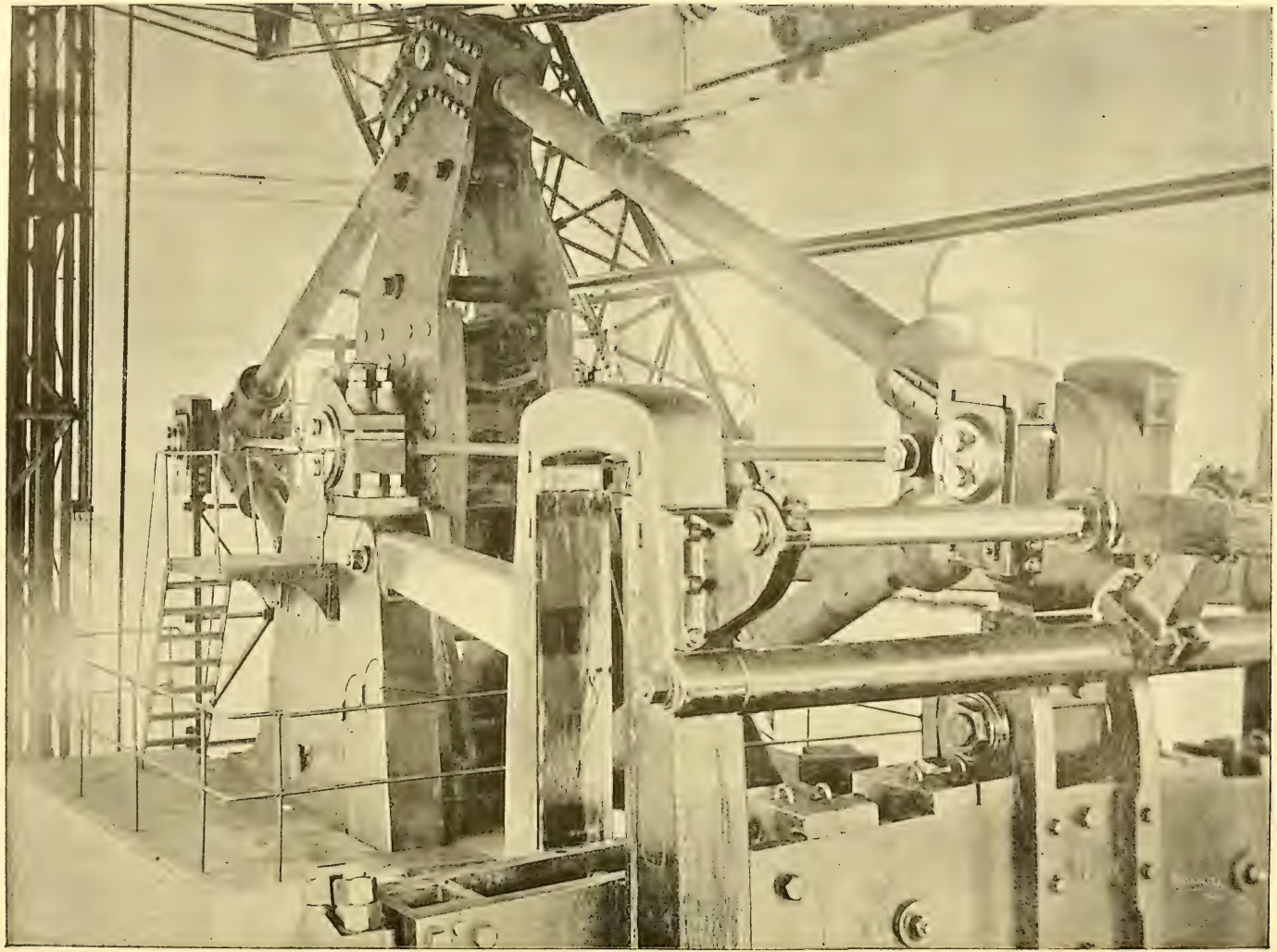
Presión del vapor en la caldera $5^{kg}266$ por cc.

La admisión del vapor se corta á los dos tercios de la carrera.

Tensión del vapor en el condensador 620 gs. por cc.

Número de revoluciones por minuto 2.

Para el cálculo del trabajo de esta máquina usaremos la siguiente fórmula $N=\frac{n}{4500}\left(psl\left(l+\text{Log}\frac{SL}{sl}\right)-p'SL\right)$; en la que N representa el trabajo en caballos; p, la presión del vapor en la caldera; s, la superficie del émbolo chico; S, la del émbolo grande; l, la carrera á plena presión; L, la longitud de los cilindros; p′, la tensión del vapor en el condensador, y n, el número de revoluciones por minuto; tenemos pues:



Balanzón de la Máquina de Desagüe de "LA DIFICULTAD."

$s = 1.13097$ metros cuadrados.
$S = 2.98648$ ídem ídem.
$sl = 2.26194$ ídem cúbicos.
$SL = 8.95944$ ídem ídem

$$\frac{SL}{sl} = 1.37625.$$

$$1 + \text{Log}\,\frac{SL}{sl} = 2.37625.$$

$$npsl = 476455.$$

$$np'SL = 222194.$$

$$npsl\,(1 + \text{Log}\,\frac{SL}{sl}) = 1132176.$$

$$n\,(psl\,(1 + \text{Log}\,\frac{SL}{sl}) - p'SL) = 909982.$$

$$N = \frac{n}{4500}\,(psl\,(1 + \text{Log}\,\frac{SL}{sl}) - p'SL) = 202.21 \text{ caballos.}$$

El consumo de carbón en esta máquina es de $1^{kg}.400$ por golpe; corresponde pues por caballo-hora $0^{kg}.800$.

El importe medio semanario del desagüe en Dificultad era de unos $2,550.00; y el costo de una tonelada de agua elevada á 100 metros de altura se estima en $0.02, siendo el gasto de las bombas de 1400 litros por revolución, levantándola á una altura total de 150 metros.

Máquina de Dolores.

Esta máquina es de simple efecto de expansión, condensación y de balanzón.

Diámetro del cilindro	$1^{m}.875$
Carrera	3 . 048
Presión del vapor por cent. cuad	$3^{kg}.516$
Tensión del vapor en el condensador por cent. cuad	0 . 33

Da por minuto cuatro golpes.

El trabajo lo conoceremos por medio de la conocida fórmula siguiente:

$N = \frac{PVn}{4500m.}(1 + 2{,}3026 \log m - \frac{p'm}{P})$; en la que N nos indica el número de caballos desarrollados por la máquina; P, la presión del vapor en la caldera por metro cuadrado; p′, la presión en el condensador por la misma unidad de superficie; V, el volumen del cilindro; n, el número de golpes de émbolo por minuto, y finalmente, m, la relación entre la longitud total de la carrera y la parte recorrida á plena presión.

Tenemos, según los datos arriba consignados:

Superficie del émbolo	$2m.^{2}7614345$

Volumen engendrado por el movimiento del émbolo	$8m.^2415965239$
PVn; (n=4)	118 . 362135
$\frac{PVn}{4500m.}$; (m=4)	65 . 7567
$1+2.3026 \log m$	2 . 3863
$\frac{p'm}{P}$	0 . 3754
$1 + 2.3026 \log m - \frac{p'm}{P}$	0 . 0109
$N=\frac{PVn}{4500m.}(1+2.3026 \log m - \frac{p'm}{P})=$	132 . 23 caballos.

Multiplicando este valor por 0.75 coeficiente de rendimiento propio de esta clase de máquinas, resulta un trabajo efectivo de 99 caballos.

La cantidad de agua elevada por golpe es de 500 ls. y la altura de 95 ms.; el trabajo teórico necesario para este objeto sería sólo de 42.2 caballos; pero la bomba de que nos ocupamos sólo rinde un 70 por ciento del trabajo motor que recibe.

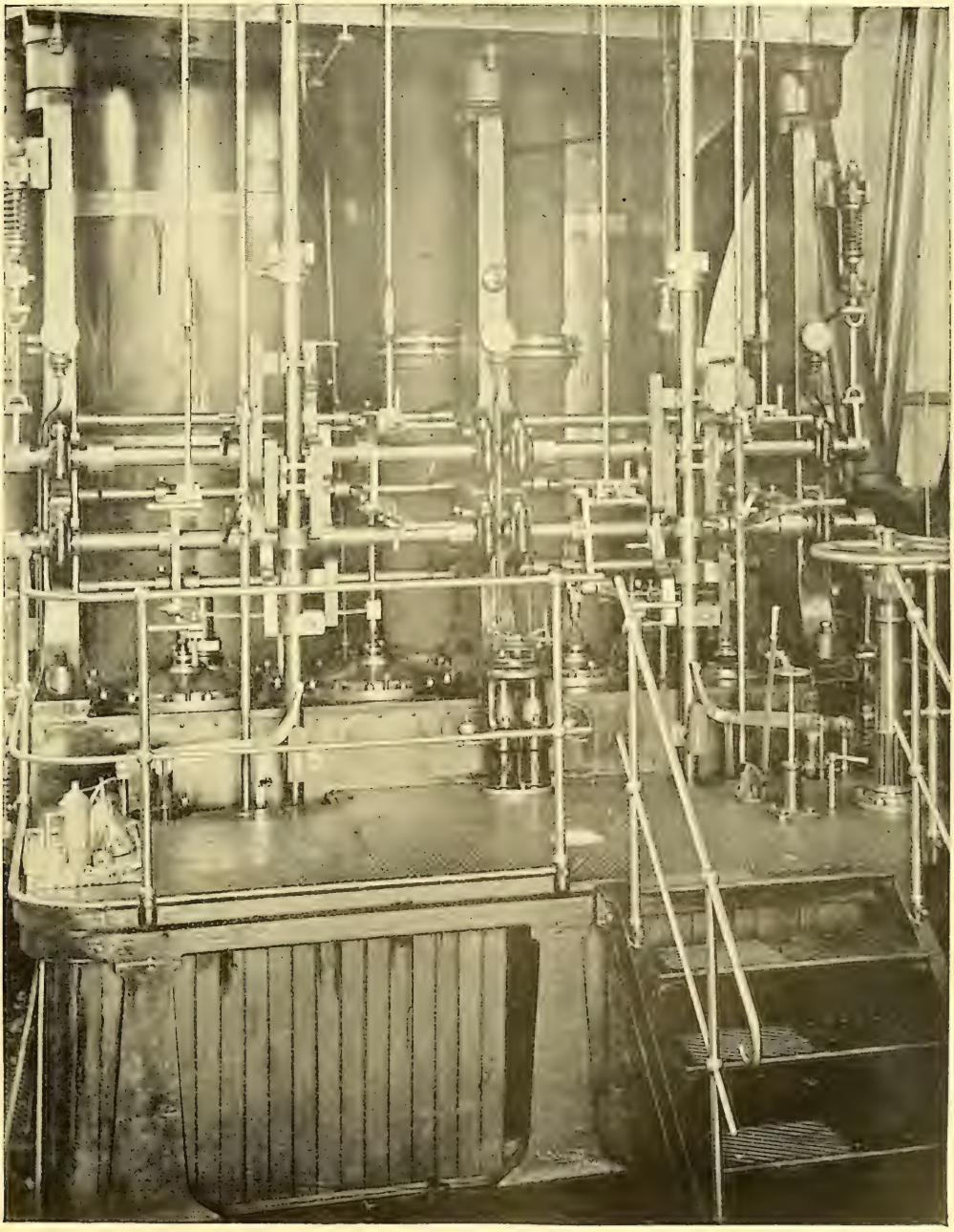
La pérdida se eleva á un 40 por ciento del trabajo transmitido por el motor á la cadena y que es absorbido por las resistencias pasivas, frotamiento de la cadena contra sus guías y de los muñones de los balanzones. A primera vista parece esta pérdida muy fuerte por ser sólo 95 metros la altura de elevación del agua; pero hay que atender á que la longitud de la cadena es de 400 metros, profundidad del tiro de Dolores.

La cantidad de carbón quemado por esta máquina es por término medio de 500 á 600 gs. por golpe, por lo mismo corresponde $1^{kg}.091$ al caballo-hora.

El importe medio semanario del desagüe era como de $1680 y el costo de una tonelada de agua elevada á 100 metros de altura de $0.06, es decir, tres veces más caro que en la mina de Dificultad.

El desagüe actual se hace solamente por la mina de Dificultad, pero la máquina solamente mueve la bomba elevadora, y el trabajo ejecutado antes por la bomba Rittinger lo es hoy por una instalación eléctrica hecha á la profundidad de 419 metros, que comenzó en Marzo de 1897 de una manera muy irregular á causa de las frecuentes rupturas de los engranes, que eran de fierro, lo que motivó su suspensión en Julio del mismo año. Reemplazados los engranes de fierro por otros de acero, se restableció el servicio de las bombas eléctricas en Enero del presente año (1898), y desde entonces han marchado con regularidad.

La instalación eléctrica se compone de cuatro bombas marcadas Knowles steam Pump Works-New-York-Warren, Mass. Boston; cada bomba lleva tres pares de plumgers de $0^{m}.181$ de diámetro y $0^{m}.300$ de carrera que da 50 golpes por minuto. Las máquinas eléctricas de corriente trifaciada, de 75 caballos de fuerza, marchan con 600 revoluciones por minuto; la transmisión



Distribución del vapor en la máquina de desagüe de "LA DIFICULTAD."

Tip. y Lit. «La Europea.»—México.

de los motores eléctricos á los plumgers se hace por medio de una serie de piñones y ruedas; el gasto de cada bomba es de 2,700 ls.

La bomba suspendida mantiene llenos el depósito de donde toman el agua las eléctricas dando 5.5 golpes por minuto.

El bomberío Rittinger está separado de la cadena pero puede conectarse con ella con suma facilidad para el caso de que por ruptura ó algún grave accidente de las bombas eléctricas ó en la oficina generadora obligue á suspender la marcha de las bombas Knowles.

La cantidad de agua que afluye al tiro de Dificultad es tan grande, que en muy pocas se llena el tiro y el cañón 470, pero basta hacer marchar la máquina con doble velocidad que de ordinario para arrastrar rápidamente el agua.

Como la veta de Sta. Inés se presenta con frutos costeables en los planes profundos de las minas de Ahuichote y Dificultad, se trata de colar el tiro de esta última mina, y para evitar las interrupciones que pudiera surgir el desagüe, se ha abierto un contratiro que se colará lo que sea necesario, y por el cual se hará el desagüe por medio de una bomba eléctrica colgante mientras el tiro de Dificultad se profundiza.

Para el desagüe de las minas situadas al N. de la veta de San Esteban se piensa instalar en el tiro nuevo de Cabrera, que se está colando activamente, una planta eléctrica que constará de una bomba suspendida, aspirante é impelente, unida á un motor eléctrico de la Compañía General Eléctrica de los Estados Unidos, que elevará 25 ls. de agua por segundo á una altura de 50 metros, y de dos motores eléctricos con bombas fijas de la Compañía General eléctrica de Berlin, de las que cada una elevará á 100 metros de altura 25 ls. de agua por segundo.

En casi todas las minas del Distrito se están colando frentes al nivel del cañón Taylor ó cañón 400 metros, que pronto será un nivel general que comunique entre sí todas las minas del Distrito, y que tal vez más tarde pueda aprovecharse para facilitar el desagüe de la Vizcaina, reduciendo la altura á que se tenga que elevar el agua con la máquina de Dolores, pues por el cañón Taylor podrá afluir el agua á Dificultad ó á Cabrera, donde se hallan instalados motores poderosos y económicos.

Respecto á las demás operaciones de la explotación no tenemos gran cosa que añadir á lo dicho en el Boletín "El Mineral de Pachuca," pues no hay diferencias notables en la manera de hacer los disfrutes, el acarreo interior ni en los procedimientos usados en la fortificación, y aun puede decirse que este servicio es de menos aplicación que en Pachuca, pues con excepción de la veta Vizcaina, en las demás vetas del Distrito las rocas encajonantes son bastante resistentes. Daremos solamente una nota de los precios á que se pagan algunas obras:

Nombre de la obra.	*Precio por metro lineal.*	*Cuele medio semanario.*
Frente S. cañón 400. San Ignacio.....$	45.00	$1^{m}.50$
„ N. „ Taylor. Sacramento.....„	35.00	3 . 00
„ S. „ „ „ .....„	40.00	2 . 00
„ N. Aviadero. Resquicio.....„	40.00	1 . 30
„ S. „ „ .....„	40.00	1 . 20
„ S. en cañón 400. Dificultad.....„	60.00	5 . 00
Crucero de Cabrera.....„	45.00	2 . 00
„ Guardarraya al P.....„	45.00	1 . 80
„ „ al E.....„	40.00	2 . 50
„ Sta. Brígida.....„	42.00	2 . 50
„ N. ramal Aviadero. Dificultad.....„	75.00	1 . 80
„ S. „ „ „ .....„	70.00	1 . 80
Plan, Guardarraya con Morán.....„	40.00	2 . 00
Crucero 170 N., tiro de Escobar.....„	40.00	1 . 50
Tiro San Ignacio.....„	150.00	1 . 00
„ de Vargas.....„	115.00	2 . 50
„ nuevo de Cabrera.....„	100.00	3 . 00
„ de Dificultad .....„	300.00	4 . 00
„ San Francisco de los Negros.....„	150.00	1 . 50

La perforación se hace á mano, pero por algún tiempo se usó la perforación mecánica.

Según datos que bondadosamente nos suministró el Sr. D. José de Landero y Cos, Director de la Compañía de Real del Monte y Pachuca, la perforación mecánica se estableció en el tiro de Acosta en 1876, obteniéndose malos resultados por haberse empleado perforadoras grandes de los Sres. Dubois y Francois del Leraig, Bélgica, de las que se usaron en la perforación de los túneles de los Montes de Saint Cenis y de San Gotardo. Se usaba compresor de los llamados de émbolo hidráulico para comprimir el aire á tres atmósferas y que era movido por una máquina de vapor de expansión sin condensación; el peso de cada perforadora era de 220 kgs. y daba 250 golpes por minuto. Como sólo se llegó á colar $0^{m}.838$ en 36 horas de trabajo, tuvo que suspenderse el servicio por dicha causa en 1877. Posteriormente se restableció en 1885 en el tiro de San Ignacio con la compresora de aire Dubois Francois y con perforadoras portátiles de Ingersoll, trasladándose después la instalación y montándose en mayor escala en el tiro de Dificultad con compresor de Ingersoll. En el tiro de Dificultad que tiene $4^{m}.60$ por $2^{m}.30$ de sección, se colaban 4 metros con las perforadoras en cada semana y el costo era de $150 por metro; el costo por metro perforado á mano en el mismo tiro se pagaba á $300 y el cuele era sólo de 1 metro.

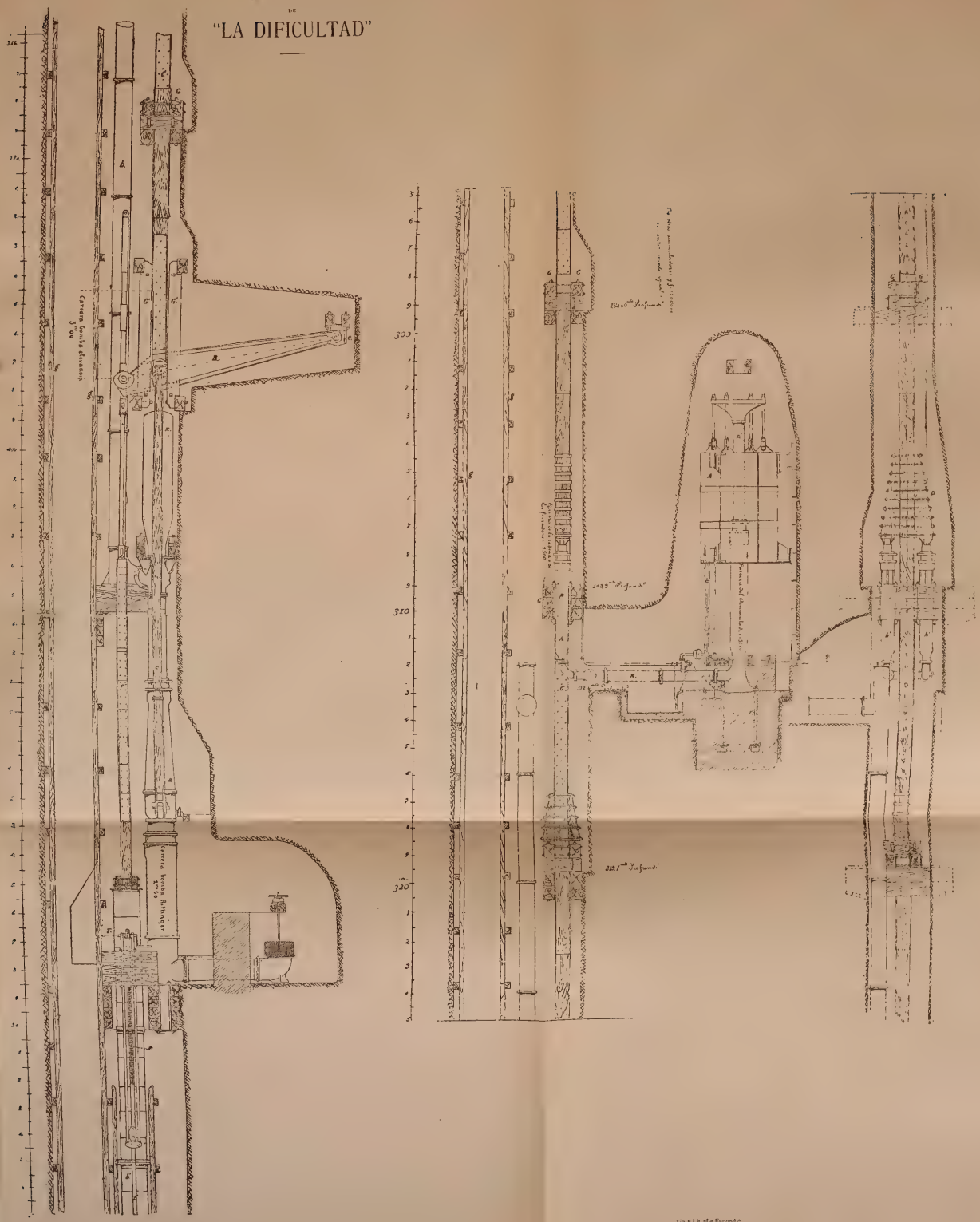
En el Aviadero al N. de Dificultad el costo de la perforación mecániea por metro fué de $120 y el cuele semanario de 8 metros á mano era de $100, pero sólo se colaba por semana $2^{m}.50$.

Instituto C

BOMBERIO EN EL TIRO

DE

"LA DIFICULTAD"



Tip. y Lit. de A. Vanegas.

Los resultados han sido buenos en el avance de las obras, pero como el costo del cuele es mucho mayor que con la perforación á mano, no habiendo obras de urgencia, está suspendida la perforación mecánica desde 1895.

En la mina de La Camelia se estableció una instalación de perforación mecánica con compresor y perforadoras de Ingersoll en 1893, resultando que por la carestía del servicio y por el avance casi igual al cuele de los barreteros á mano á menor precio, apenas hubieron de ensayarse las perforadoras. En la actualidad se halla instalada en el tiro de San Carlos, de la mina de Barron, la compresora de La Camelia para diversos servicios de aire comprimido en el interior de la mina, malacates y bombas, y el de perforación mecánica en obras urgentes. Se ha comprado también una compresora Rhand para la mina del Xacal, para mover en caso necesario con aire comprimido un malacate en el interior de la mina de San Cristóbal, y para el servicio de perforadoras en el socavón Girauld en el caso de que con el trabajo á mano de los barreteros no avance esta obra con el empuje con que lo hace hasta ahora.

Antes de decir algunas palabras sobre la extracción, ponemos las profundidades y secciones de algunos de los tiros de más importancia en Real del Monte:

Nombre de los tiros.	*Sección.*	*Profundidad.*
Dificultad. Vertical	$4^{m}.60 \times 2.30$	$470^{m}.00$
Dolores „	4 . 50 x 3.00	405 . 00
Acosta „	3 . 50 x 3.50	300 . 00
Sacramento „	3 . 50 x 3.50	355 . 00
Cabrera „ tiro nuevo en cuele..	6 . 00 x 4.00	185 . 00
Terreros „	2 . 75 x 1.75	412 . 00
San Ignacio. Arrastre	2 . 50 x 3.00	445 . 00
Carretera „	2 . 50 x 2.00	420 . 00
Sta. Bárbara „	4 . 00 x 3.00	160 . 00
Escobar „	2 . 00 x 1.50	220 . 00
Cabrera „	2 . 00 x 4.00	180 . 00
San Vicente „	2 . 50 x 2.00	175 . 00
Resquicio „	3 . 10 x 2.00	262 . 00
San Cayetano. Vertical y arrastre	5 . 00 x 4.00	368 . 00
San Ramón	2 . 50 x 2.00	320 . 00
San Patricio	3 . 50 x 2.00	262 . 00

Los malacates de extracción son de diversos sistemas.

Los de los tiros de Dificultad y San Ignacio son de la casa Paske and Kalstner de Freiberg Sax., enteramente iguales al malacate de Camelia, como se ve en la lámina XIX, en la que está representado el malacate de Dificultad.

Para el servicio del bomberío de Dificultad hay dos tornos de vapor: el

más poderoso tiene dos cilindros verticales de $0^{m.}16$ de diámetro por $0^{m.}30$ de carrera y marcha con 25 golpes por minuto. Pone en movimiento el tambor en que se enrolla un poderoso cable redondo de alambre de acero por medio de una serie de piñones y ruedas con las dimensiones siguientes:

1er. piñón, diámetro	$0^{m.}15$.	1ª rueda, diámetro	$0^{m.}75$.
2º „ „	0 . 42.	2ª „ „	2 . 35.
3er. „ „	0 . 50.	3ª „ „	3 . 05.

Trabaja con presión de $5^{kg.}2$ por centímetro cuadrado, de manera que el esfuerzo ejercido en los dos émbolos de 201 centímetros cuadrados cada uno, es de 2 kgs; el producto de los radios de los piñones es de 0.0315; el de los radios de las ruedas es de 5,376; el peso que puede levantar el malacate se deduce fácilmente de la fórmula $Q = P \frac{R \times R' \times R''}{r \times r' \times r''}$ de la que resulta $Q = P \times 170 = 2000$ kg. $\times 170 = 340$ toneladas.

Hay otro torno más pequeño construído por la casa C. Hoppe, de Berlin; tiene dos cilindros oscilantes de $0^{m.}125$ de diámetro y $0^{m.}75$, y marcha con 75 golpes por minuto.

En la mina de Cabrera y en la de Escobar se usan malacates Robey de 20 caballos de fuerza con bobinas y sogas planas de henequén. El malacate de Cabrera dedicado á la extracción que se hace por el tiro viejo, consume de 4 á 5 tons. de carbón semanarias y hace sobre 900 viajes semanarios, extrayendo unos 650 kg. por viaje.

En Acosta, Dolores y San Vicente hay malacates de cilindro vertical y balanzón y se usan sogas redondas de acero que se enrollan en tambores cilíndricos.

El malacate de Acosta de $0^{m.}675$ de diámetro y $1^{m.}80$ de carrera, sirvió de modelo en la maestranza de Real del Monte para la construcción de los malacates de Dolores y San Vicente. El de Dolores tiene $0^{m.}45$ de diámetro y $1^{m.}80$ de carrera; el de San Vicente el mismo diámetro que el de Dolores y una carrera de $1^{m.}20$.

En Sacramento, Peregrinos y otras varias minas se usan malacates de caballos.

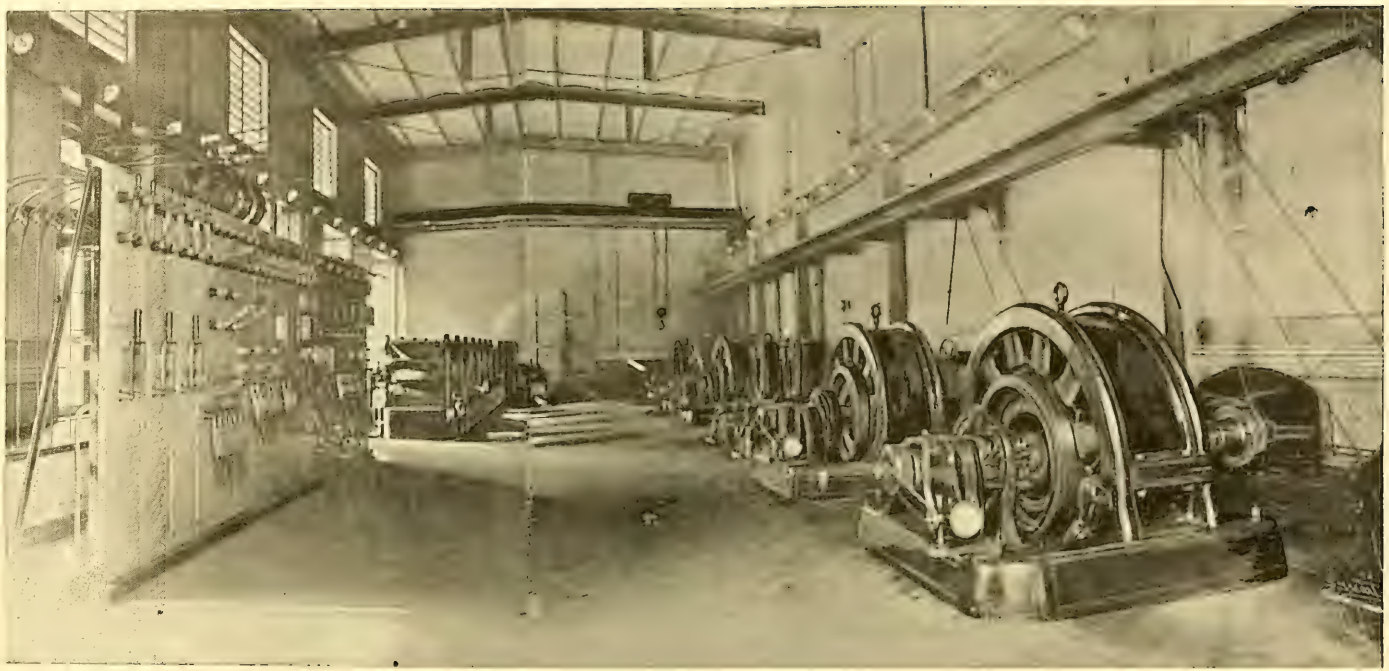
Respecto al costo de extracción es variable con la profundidad del tiro, con las condiciones de éste, con la especie de malacate usado y con la proporción de tepetate que se extrae de la mina; según los datos que hemos podido reunir, el costo aproximado es:

En San Ignacio de $0.61 la tonelada, extraída de una profundidad media de 400 metros.

En Cabrera para 180 metros de profundidad el costo resulta de $0.50 por tonelada.

En San Vicente, quemando leña y subiendo la carga 170 metros, el costo es de $1.00 por tonelada.

En Escobar, cuando andaba el malacate de caballos extrayendo el metal



Tip. y Lit. "La Europea" — México

Instalación de la potencia eléctrica.—BARRANCA DE REGLA.

de una profundidad de 190 metros, era de $ 2.40 el costo por tonelada, y por último:

En San Ignacio, también con malacate de caballos, resultaba de $ 3.33 la tonelada extraída de 250 metros de profundidad.

Para concluir ponemos algunos datos relativos á la extracción en el Distrito de Real del Monte, que abrazan un período bastante grande, lamentando mucho no haber podido completarlos.

Burkart en su informe tantas veces citado, trae los datos siguientes, de los que tomamos también los relativos á las minas de Pachuca.

Producción de las minas de Pachuca.

En el siglo XVII	$ 40.000,000 00
En el siglo XVII, mina El Encino	,, 5.400,000 00
En el siglo XVIII, en las otras minas, calculando aproximativamente	,, 1.400,000 00
En el siglo XIX, antes de 1849, en todas las minas, también aproximadamente	,, 250,949 00
En el siglo XIX, de 1849 á 1858	,, 10.175,051 00
Suman los productos	$ 57.226,000 00

De la Memoria de los trabajos ejecutados por la Comisión Científica de Pachuca de 1864, tomamos los datos siguientes:

Producción de la mina El Rosario de 1853 á 1862	$ 17.659,953 00
Deduciendo la producción correspondiente á los años de 1853 á 1858, que es de	,, 8.085,908 00
Queda para la producción de 1859 á 1862 de la mina de El Rosario	$ 9.574,045 00

En la "Riqueza Minera de México," pág. 468, aparece que la producción de plata en Rosario, de 1863 á 1883, fué de $10.114,716.00.

Según los datos anteriores, el Distrito de Pachuca ha producido mucho más de $76.914,761.00, pues no se ha llevado en cuenta la producción de muchas minas ricas del Distrito por carecer por completo de datos siquiera aproximados.

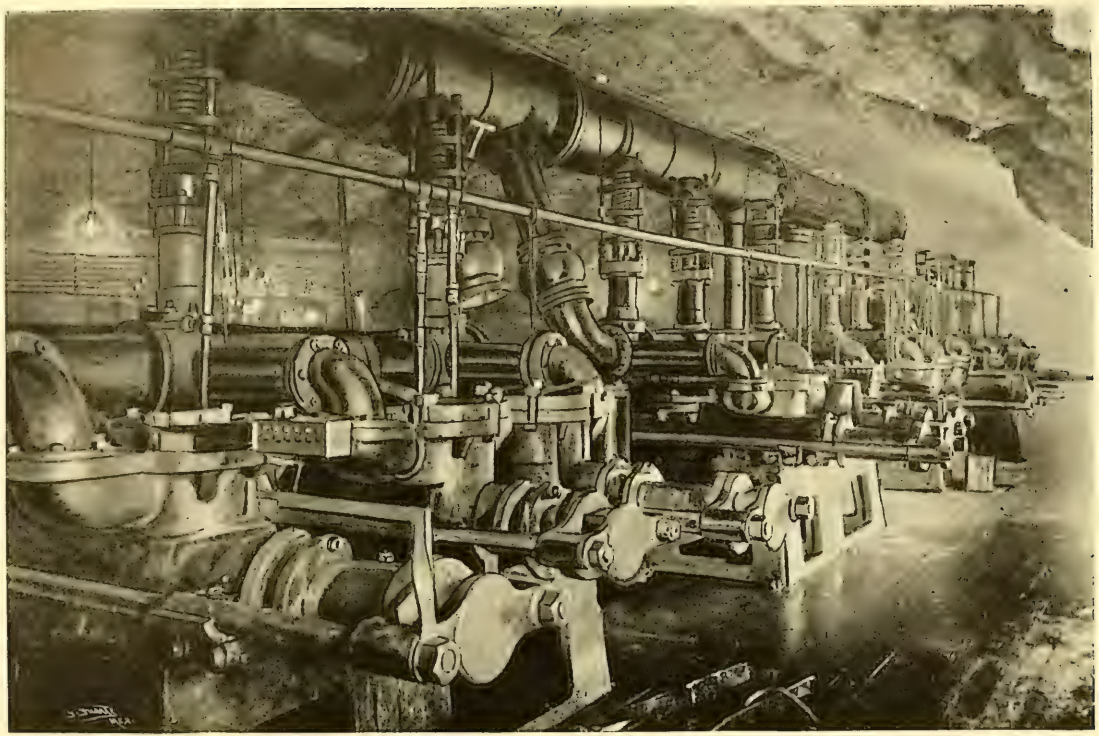
Producción de las minas de Real del Monte según Burkart.

En los años de 1726 y 1727	$ 4.500,000 00
Con el cuele del socavón de Morán hasta 1762	,, 8.000,000 00
Desde entonces hasta la muerte del primer Conde de Regla en 1781	,, 12.500,000 00
Desde entonces hasta 1794	,, 600,000 00
A la vuelta	$ 25.600,000 00

De la vuelta.....	$ 25.600,000 00
Desde entonces hasta 1801.....	„ 6.000,000 00
„ „ „ 1809.....	„ 500,000 00
„ „ „ 1819 por conjeturas.....	„ 152,200 00
De 1824 á fines de Abril de 1849.....	„ 11.087,500 00
De Mayo de 1849 á fines de 1858.....	„ 7.004,300 00
Suma hasta fines de 1858.....	$ 50.344,000 00

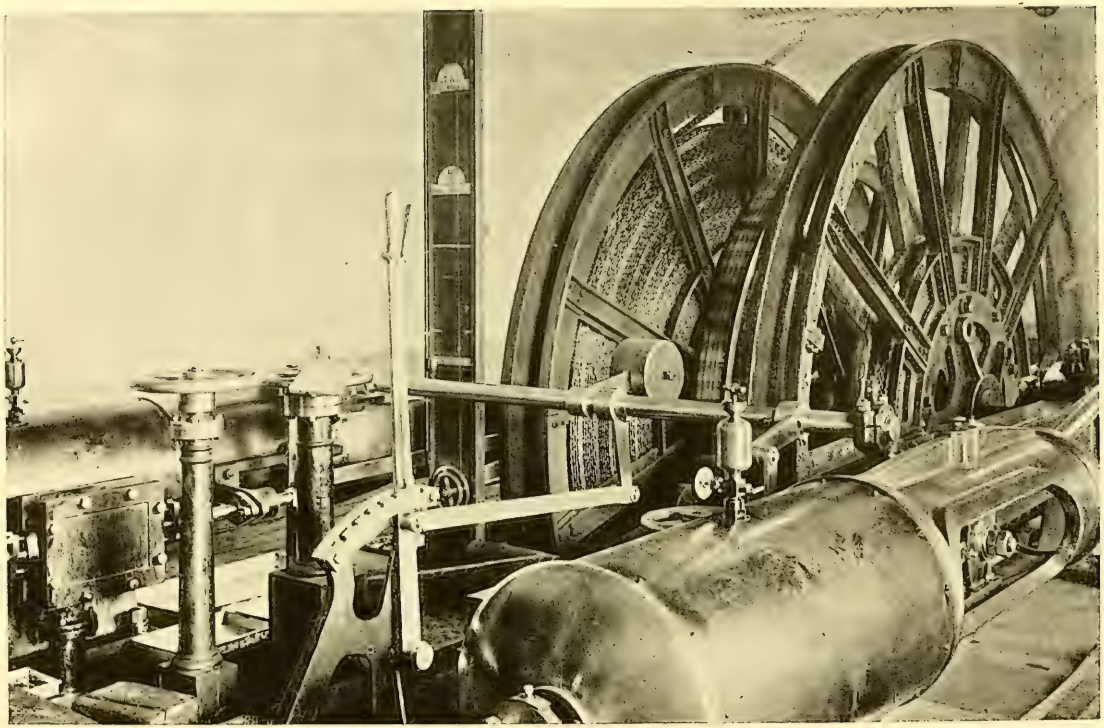
En la lámina XX consta la producción en el Distrito de Real del Monte desde 1880 hasta 1894. En esta lámina puede verse tanto la producción total del Distrito como la cantidad de metal común y de fuego extraída de las diversas minas, la producción media semanaria y el costo medio de explotación por carga.

La ley media de los minerales no nos fué posible averiguarla, pero Burkart la estima según la producción de carga obtenida en 1838 á 1848 en $0^{mcs}.618$ por quintal ó sea $3^{mg}.09$; pero en la actualidad es muy probable que sea más baja, pues ha disminuído la cantidad de metales ricos, y además los métodos más modernos de explotación han permitido extraer con provecho minerales más pobres.



Tip. y Lit. «La European—Mé

Bombas eléctricas de "LA DIFICULTAD"



Tip. y Lit. «La Europea»—México

Malacate de "LA DIFICULTAD"

TERCERA PARTE.

METALURGIA.—HACIENDAS DE BENEFICIO.

I.—APUNTES HISTORICOS.

Los frutos pobres que producen las minas de Real del Monte y algunos de las de Pachuca se benefician en las haciendas de Sánchez, San Miguel, San Antonio y Sta. María de Regla. En las haciendas de Sánchez y de Sta. María de Regla se sigue el método de patio; en San Antonio y San Miguel el de Freiberg, y á éstas se llevan los frutos rebeldes al beneficio por patio.

En tiempo del primer Conde de Regla se beneficiaban los frutos de Real del Monte en las haciendas de San Juan y La Nueva, situadas en el Distrito de Huasca, que desde que tomó posesión la Compañía mexicana estaban convertidas en ruinas; quizá habría otras haciendas á más de las arriba nombradas, pero no tenemos noticias ciertas.

Vimos ya que una vez terminado el socavón de Morán, se dió un gran impulso á la explotación de la parte media de la Vizcaina, lo que unido á la producción de los clavos descubiertos arriba del socavón, dió una producción tan grande que fué preciso construir nuevas haciendas. De esta época data la fundación de la hacienda de Regla que empezó á construirse por Romero de Terreros en el año de 1760, y poco después, como por 1770, se fundó la hacienda de San Antonio y quizá la de Sánchez. En la de Regla se seguía el método de fundición y el de patio, en las otras sólo este último.

En tiempo de la Compañía inglesa, como ya dejamos asentado, el costo de beneficio de los metales era muy elevado y se procuraba encontrar un método más económico y adecuado á la naturaleza de los frutos producidos por las vetas de Real del Monte y por las del Xacal en Pachuca. Burkart en su obra ya citada resume de la manera siguiente los resultados obtenidos con los métodos de patio y fundición por la Compañía inglesa. "Dos circunstancias, dice, resaltaban principalmente como causas de estos elevados costos de beneficio: la más importante era la ley corta de los metales, y la otra la dificultad con que entraban en beneficio, necesitando grandes cantidades de sal y de magistral; y causando por consiguiente una gran pérdida de azogue la amalgamación mexicana.

"La extracción de plata de patio en Real del Monte ascendió en el año de

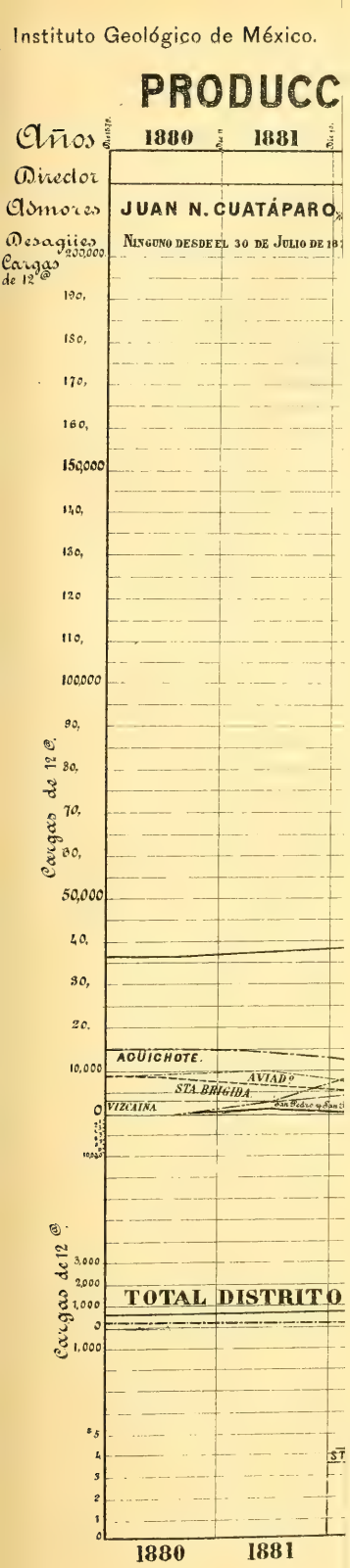
1840 á 42,760 marcos ($9840^{kg.}066$), ocasionando una pérdida de 57,711 libras ($26,561^{kg.}276$) de azogue; de modo que por cada marco de plata se perdieron 21.5 onzas de azogue (26.9 por ciento) ó $2^{kg}69$ de azogue por un kilo de plata extraída. En ese mismo año, para obtener la cantidad mencionada de plata, se beneficiaron 130,650 quintales (de 100 libras) ($6013^{ton.}1184$) de mineral que corresponde á una ley de 0,327 marcos por quintal ($1^{mg.}636$), y según todas las probabilidades, se perdió no poco del verdadero contenido de plata del mineral beneficiado. Por fuego se beneficiaron 15,547.5 quintales ($715^{ton.}29185$) de mineral y produjeron 29,306 marcos ($6743^{kg.}989$) de plata, ó $1^{mco.}914$ por quintal ($9^{mg.}568$); la ley media de toda la carga beneficiada importó $0^{mcs.}493$ por quintal ($2^{mg.}464$); por consiguiente $0^{mcs.}046$ ($0^{mg.}23$) menos que el anterior."

"No menos desfavorable para los altos costos del beneficio fué el alza del precio del azogue. Este artículo valía en México, todavía el año de 1826, á $60 el quintal ($1.30 kilo), pero subió después gradualmente; de modo que en el año de 1840 se vendía á $120 ($2.60 el kilo), y poco después hasta $170 el quintal ($3.69 el kilo); hasta que más tarde, después de la disolución de la Compañía, el azogue extraído de California hizo bajar el precio á su antigua cuota, después que se habían sacrificado en Real del Monte en la pérdida de azogue del beneficio, en años separados, $40,000 á $60.000 más de lo que hubiera importado al precio del año de 1826. Por medio de continuos esfuerzos, se consiguió reducir en parte los consumos de sal, magistral y azogue en el beneficio, pues la pérdida de azogue que en el año de 1840 todavía ascendía á 21.5 onzas por marco ($2^{kg.}69$ por kilo), importó solamente 17.75 onzas ($2^{kg.}218$ por kilo) en el de 1841, y en todo se puede calcular una economía de $22,381 sobre los costos de amalgamación del año precedente."

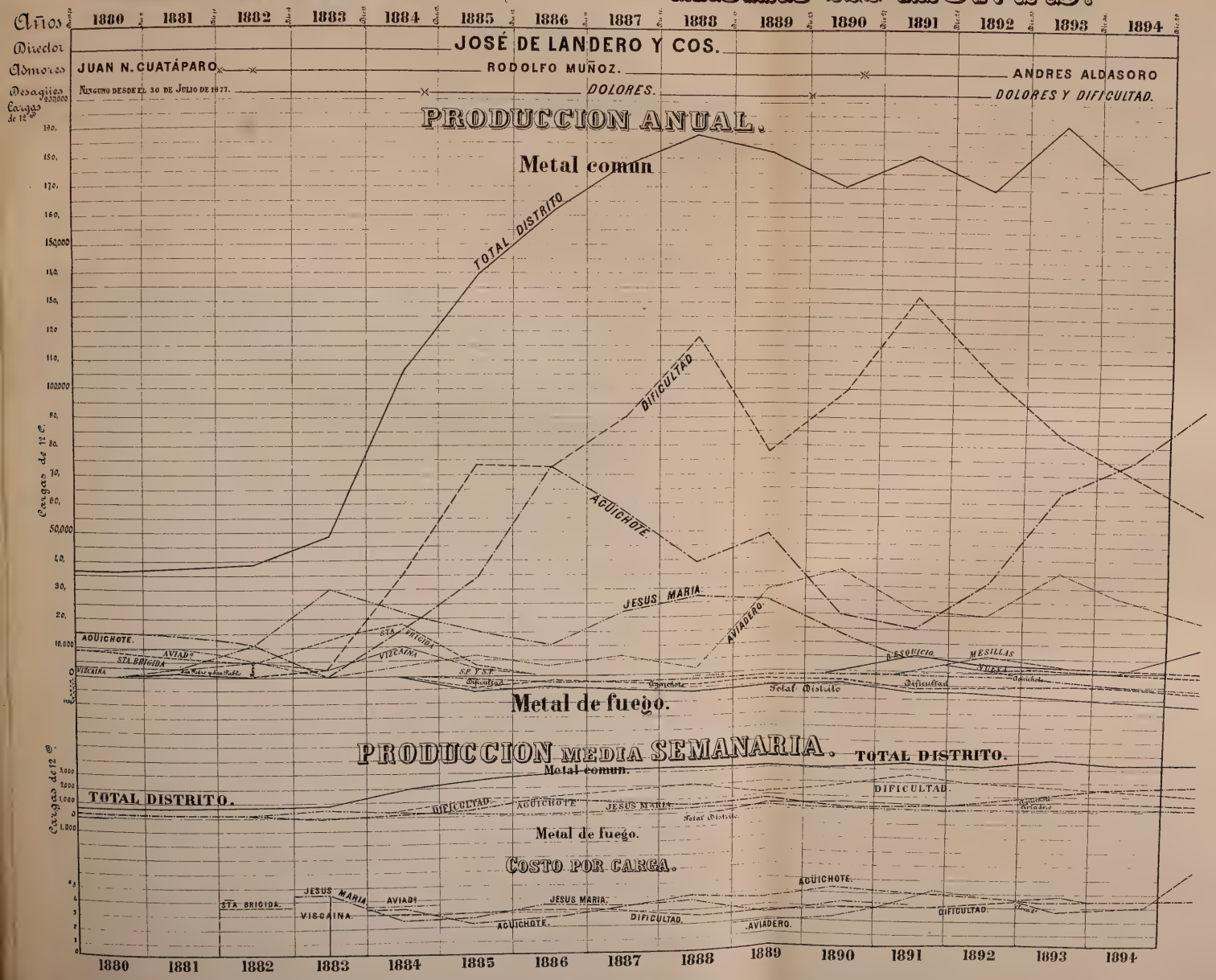
"También era muy fuerte la pérdida de plata en la amalgamación; todavía en el año de 1844, después de largos esfuerzos por introducir algunas mejoras en el método de beneficio, importó esta pérdida por término medio de toda la carga beneficiada, 20 por ciento sobre su ley docimástica. Esta pérdida debe atribuirse en gran parte á las diversas calidades de los metales que producían las vetas; pero contribuía esencialmente á mantener á la empresa en estado de desembolso."

Ya desde entonces había enseñado la experiencia, que una gran parte de los metales que sólo daban una parte de su plata por el beneficio ordinario de patio, causaban también una pérdida de azogue más fuerte que los otros metales, por lo que se renunció á su extracción, y dejaron de aprovecharse los que ya estaban extraídos de esta clase y se consideraban rebeldes.

"John Taylor, en sus informes á las juntas de 14 de Marzo y de 25 de Junio de 1844, hizo ya notar esta circunstancia desventajosa, observando á la vez que según las experiencias hechas, debía esperarse el poder beneficiar estos metales con ventaja por la amalgamación en toneles. Como las minas de la Luz y Sacramento daban una gran cantidad de minerales que habían


PRODUCC
Años
1880
1881
Director
Admores
JUAN N. CUATÁPARO
Desagües
NINGUNO DESDE EL 30 DE JULIO DE 18
Cargas de 12 @
200,000
190,
180,
170,
160,
150,000
140,
130,
120
110,
100,000
90,
80,
70,
60,
50,000
40,
30,
20,
10,000
0
ACUICHOTE.
AVIADO
STA BRIGIDA
VIZCAINA
3,000
2,000
1,000
TOTAL DISTRITO
1,000
5
4
3
2
1
0
37
1880
1881

PRODUCCION DE METALES del Distrito de REAL DEL MONTE.



resistido á todas las pruebas hechas sobre ellos para conseguir su beneficio por patio, económicamente, puesto que la pérdida de plata ascendía desde 25 hasta 45 por ciento, y la de azogue era de 25 hasta 40 onzas por marco ($3^{kg.}125$ á 5 kg. por kilo de plata), por vía de experiencia se habían amalgamado en toneles con una pérdida de sólo 5 á 10 por ciento de plata y 1.5 onzas á 3 onzas por marco ($0^{kg.}1875$ á $0^{kg.}375$ por kilo) de azogue. Los metales de esta clase que se encontraban en las vetas de Sta. Brígida, la Vizcaina y la Tapona, tenían una ley de 7 hasta 10 y aun 15 y 20 marcos por montón ($1^{mg.}166$ hasta $3^{mg.}33$); podían extraerse en cantidades considerables y había ya de ellos 120,000 quintales ($5522^{ton.}956$). Quedó, pues, reconocida la necesidad de establecer un tren de toneles para la amalgamación, pero como su ejecución era costosa, sólo avanzó lentamente por falta de los fondos necesarios. Sin embargo, se resolvió reparar la hacienda de San Antonio[1] y establecer en ella 48 barriles de amalgamación, pero de los cuales sólo debían construirse al principio 24, con los que se calculaba beneficiar 9,000 quintales ($414^{ton.}2217$) de mineral mensualmente."

Buchan en su informe de 1855 resume todo lo relativo á la marcha de las haciendas de la manera siguiente:

"Pero las grandes dificultades y costos del plan de explotación procedían de la necesidad de aumentar los medios de beneficio, pues sólo los había en una escala muy limitada en las haciendas de amalgamación de Sánchez y de Regla."

"Aquí debe hacerse notar una particularidad de la formación de vetas del Distrito, y es, que los frutos de las que corren de E. á W., entran bien al beneficio de amalgamación mexicana, mientras que los de las que corren de N. á S., presentan otra composición y no pueden dar la plata por aquel método de beneficio.[2] Habiendo indicado los ensayes que se habían hecho en la hacienda de Sánchez, que esta última clase de frutos se beneficiaban bien por el método de amalgamación de Freiberg, con algunas modificaciones, y pudiendo extraerse una gran cantidad de estos metales, se resolvió plantear en vasta escala la amalgamación de toneles. Con tal objeto se construyeron las dos haciendas nuevas de San Miguel y Velasco y se ensancharon las de Re-

1 Parece que no fué la hacienda de San Antonio en la que se pensó hacer esta instalación sino en San Miguel. El Sr. D. José de Landero y Cos nos asegura que cuando la Compañía inglesa traspasó á la Mexicana, no existía en San Antonio más que una planta de molienda y un gran corral que parece haber sido usado para el beneficio de patio. La planta de toneles que hoy existe en San Antonio fué establecida por la Compañía Mexicana en 1882 é inaugurada en Abril de 1883.

2 D. Miguel Velázquez de León, traductor de la obra de Burkart, dice en una nota lo siguiente: Según los datos de los informes de John Taylor y según otras observaciones, esto no es del todo exacto, pues también las vetas Vizcaina y Tapona, así como la del Xacal, suelen producir los mismos frutos rebeldes que las de Sta. Brígida y Sta. Inés. Añadiremos á esto que Burkart afirma que en 1858 se beneficiaron por patio en la hacienda de Regla 229,164 quintales (10.547,189 kg.) de frutos de Sta. Inés y Sta. Brígida, por ser más propios que los demás para el beneficio de patio.

gla y Sánchez. En Regla se funden los metales ricos y se pueden beneficiar por patio 2,400 quintales ($110^{ton.}459$) á la semana; las otras haciendas de San Miguel, Velasco y Sánchez, pueden tratar 7,100 quintales ($326^{ton.}775$) semanarias por el método de toneles. Las haciendas de San Miguel y Regla que distan unas 12 millas (19,308 ms.) de las minas, se encuentran sobre un arroyo caudaloso, de modo que todas las máquinas se mueven con motores hidráulicos, pero las de Sánchez y Velasco que están en la boca de la cañada que viene del Real del Monte y por la cual corre muy poca agua á más de la que sacan por las minas las máquinas de vapor, necesitan para mover sus aparatos el auxilio de los motores de vapor."

Seguiremos reproduciendo el informe de Buchan, para ampliar los datos relativos al beneficio de los metales, y los resultados de los diversos sistemas empleados para reducir la pérdida de plata y azogue que con el procedimiento de Bartolomé de Medina era tan elevada.

"Para beneficiar los metales, dice Buchan, se sujetan éstos según su composición química y su ley de plata á uno de los siguientes tratamientos: La fundición en hornos semi-altos (hornos alemanes) por medio del plomo en la forma de greta que disuelve la plata y se separa después de ella por la afinación, es el método más perfecto, pero también el más caro; por lo que sólo se aplica á los frutos más ricos."

"Hasta ahora no se sacan muchos frutos de esta clase, pero las noticias que se tienen y lo que se ve en las labores más profundas de la mina del Xacal, prometen para más adelante una gran extracción de esta carga rica. En la fundición de Regla, donde se han construído ocho hornos y un fuerte soplo de cilindros, se pueden tratar 30,000 quintales ($1380^{ton.}739$) de metales de fuego."

"La amalgamación de patio, que es un beneficio propiamente mexicano inventado en Pachuca, también se practica en la hacienda de Regla, donde se pueden beneficiar 50,000 cargas ($6903^{ton.}695$). Es el método más económico para la gran masa de frutos, cuando su composición química permite tratarlos por este beneficio. Esta amalgamación se ejecuta en un patio de un acre y medio ($0^{ha.}6069965$) de superficie con piso de madera muy bien ajustado y en el cual se encuentran siempre tendidas 1,000 tons. de lama con cerca de 30 tons. de sal, 3 tons. de sulfato de cobre y 18,000 libras ($8284^{kg.}434$) de azogue á diferentes grados de beneficio. La operación dura de 30 á 50 días, que son los necesarios, según la estación y según la composición del mineral, para separar por una acción galvánica lenta, la plata de sus sulfuros y combinarla con el azogue. La pella se separa de la lama por medio de lavaderos convenientes y se destila en seguida para despojarla del azogue."

"Antes que se descubriesen los frutos de la mina de San Patricio, las minas producían muy poca carga de patio; pero ahora con la de las minas del Xacal debe mantenerse el patio de Regla bien surtido."

"El método de disolución (procedimiento Augustin) por el cual se beneficiaron en los años de 1851 y 1852 unas 13,000 cargas ($1794^{ton.}960$), fué intro-

ducido en México por el Sr. D. Damián Floressi, con el fin principal de excusar el uso del azogue. Después de convertir la plata en cloruro por medio de una reverberación con sal, se disolvía en este estado en solución saturada de sal, y se separaba por filtración de las partes terrosas de la matriz, precipitando en seguida la plata por medio del cobre. Este procedimiento químico necesitaba tanto cuidado en la cloruración de la plata y en la saturación perfecta de la solución de sal, que resultó muy difícil en la ejecución y se abandonó por el más práctico y expedito de la amalgamación en toneles."

"La amalgamación en toneles usada hace mucho tiempo en Freiberg se aplica hoy en Real del Monte para beneficiar la mayor parte de los minerales. Después de moler y tamizar el mineral se reverbera en hornos con la adición de 5 por ciento de sal marina, para descomponer los sulfuros de plata y convertir este metal en cloruro; en seguida se introduce en grandes barriles, que pueden contener 25 quintales ($1150^{kg}\cdot616$) de polvo, y agregando agua y haciendo girar los toneles, se forma un lodo espeso al que se agrega fierro y azogue; el primero para separar la plata del cloruro, y el segundo para recogerla al estado de pella. La pella se separa de la lama por medio del agua, y en seguida pierde su azogue por la destilación. La amalgamación en barriles que sólo exige 24 horas, tiene sobre la de patio la ventaja de extraer la plata en menos horas que días exige el segundo método, y de perder mucho menos azogue; pero también necesita una gran fuerza motriz para hacer girar los toneles, casi doble empleo de sal, y un consumo muy considerable de combustible para la reverberación de los minerales. La amalgamación en toneles es, pues, más cara que la mexicana, pero permite beneficiar con ventaja una gran cantidad de frutos que por este último método no darían la mitad de su plata. Para el beneficio de toneles están habilitadas las tres haciendas de Sánchez, Velasco y San Miguel, que pueden tratar 180,000 cargas ó 540,000 quintales ($28,853^{ton}\cdot302$) al año."

"Al recibir la Compañía la hacienda de Sánchez, tenía solamente 16 barriles que se movían con una rueda hidráulica, y la molienda se hacía en arrastras comunes movidas por animales. Después se han construído 8 barriles que se mueven con una máquina de vapor pequeña, y el nuevo mortero del Aviadero. En este mortero andan con una rueda de 60 pies ($18^{m}\cdot29$) de diámetro, de 30 á 50 mazos (según la cantidad de agua) que pueden mover las 50,000 cargas ($6903^{ton}\cdot695$) anuales que necesita la hacienda de Sánchez, á la cual se transportan, ya molidas, por un camino de fierro."

"La hacienda de Velasco es una hacienda enteramente nueva que está en trabajo hace pocos años y tiene 32 barriles movidos por una rueda hidráulica de 40 pies ($12^{m}\cdot19$) de diámetro, y por una gran máquina de vapor que comunica también el movimiento á 30 almadanetas que pueden moler 40,000 cargas ($5522^{ton}\cdot956$) al año. Hace poco se ha construído en la hacienda de Guerrero una rueda de 40′ ($12^{m}\cdot19$) de diámetro, que mueve 40 mazos, y en Peñafiel otras dos ruedas de 24′ ($7^{m}\cdot315$) con 20 mazos cada una, que muelen 80,000 cargas ($11045^{ton}\cdot912$) al año para la hacienda de Velasco. Con es-

tas máquinas se pueden tratar en la hacienda 75,000 cargas (10355$^{ton.}$543) de mineral al año, y cuando abunda el agua para las ruedas, economizar el combustible parando la máquina de vapor."

"La hacienda de San Miguel, cuya maquinaria se mueve con la misma agua abundante que sirve de motor á la de Regla, se construyó también hace pocos años. Al principio se dispuso esta hacienda para el ensayo del beneficio de solución del Sr. Floressi, pero después se modificó para apropiarla al de toneles. Dos ruedas de 30′ (10$^{m.}$97) mueven 60 mazos, cuya molienda pasa á remolerse y tamizarse en otro mortero cuya rueda tiene 24′ (7$^{m.}$315) de diámetro. Las 60,000 cargas (8284$^{ton.}$434) que muelen al año estos morteros se amalgaman en 16 barriles que se mueven con otras cuatro ruedas."

En las haciendas hasta aquí enumeradas, y en las de la Luz y el Carmen, se podían beneficiar en 1858 sobre unas 50,000 toneladas de mineral.

Por este año, 1858, se reunieron los diversos talleres de herrería, carpintería, etc., diseminados en los dos Distritos, en una sola Maestranza en Real del Monte, la que se dotó de tornos, taladros, cepillos y demás aparatos, instalándose además una fundición de fierro para vaciar las piezas de la maquinaria que se rompía. Un motor de vapor, vertical, ministra la fuerza necesaria para mover las diversas maquinarias y dar el soplo necesario para la fundición y la fragua. En este taller se hacen actualmente bajo la inteligente dirección del Sr. Juan Pratt, todas las reparaciones de las máquinas de los dos Distritos.

"La gran cantidad de matrices cuarzosas duras, continúa Buchan, y las probabilidades que presentan las minas de llegar á una extracción mayor, dan mucha importancia á la cuestión de cuáles son los medios mejores mecánicos para la molienda de los minerales. En la hacienda de Regla, después de haberlos reducido á granza gruesa en morteros secos, se muelen en arrastras, que son los molinos usados generalmente en el país, aunque siempre movidos por animales, y la facilidad con que se aprovechan las columnas de basalto de la barranca en que está la hacienda, para piedras de arrastra, y la abundancia del agua que se emplea como motor, hacen muy económico este sistema de molienda. El efecto de las arrastras en cantidad de molienda respecto de la fuerza motriz que emplean, es muy corto, y aunque la lama que producen es muy propia para el beneficio de patio, no lo es para el de barriles, que requiere para la tamización y reverberación una arena fina. También el gasto de las piedras voladoras aumenta el volumen del mineral, y aunque esto nada importa en el beneficio de patio, en el de barriles hace crecer los costos de reverberación y amalgamación. Cuando se habilitó por primera vez la hacienda de Velasco, se emplearon molinos de piedra vertical (rastrones) para moler los minerales, y la máquina de vapor movía 6 pares de piedras con peso de 4 toneladas cada una. Estas piedras que tenían 6′ (1$^{m.}$83) de diámetro y 1′ (0$^{m.}$3048) de anchura, estaban calzadas con una llanta de fierro de 3″ (0$^{m.}$076) de espesor, y cada par giraba sobre un eje colocado en un centro rodando sobre una taza de fierro colado cuyo fondo tenía 7″ (0$^{m.}$178) de es-

pesor. Al principio estas máquinas que la actual Compañía heredó de la inglesa, daban buen resultado, pues cada rastrón molía 200 cargas (27^{ton}·615) semanarias; pero que los ejes y particularmente las llantas de fierro forjado y los fondos de hierro fundido comenzaron á gastarse y á desemparejarse en sus superficies, la molienda disminuyó rápidamente y al cabo de un año en que ya estaban completamente inútiles, se abandonaron por ser demasiado costosas para repararlas."

"También se probaron los molinos excéntricos americanos, en los cuales giran las planchas de fierro colado con la inmensa velocidad de 800 vueltas por minuto, y que según se decía, molían toda especie de mineral; pero el resultado fué muy malo."

"Se ha creído inútil probar las balas giratorias de Berdan lo mismo que cualquier otro de los sistemas nuevos de molienda recientemente inventados y de los que tanto se ha hablado, habiéndose convencido de que son muy bonitos por vía de experiencia, pero que no pueden moler grandes cantidades de mineral duro. En efecto, la experiencia ha enseñado que para la molienda de masas tan considerables de piedras duras, la máquina más sencilla es la mejor, y que por esto se han considerado los más á propósito los morteros de agua, tanto en cuanto á sus fáciles reparaciones como á su efecto en proporción de la fuerza motriz que emplean."

"Todos los motores que existen en las haciendas del Real del Monte, excepto los de Regla, están dispuestos de modo que se surtan de carga por sí solos, y al efecto tienen un gran cajón ó tolva de fondo muy inclinado donde se recibe la carga de las minas. Cuatro almadanetas de fierro colado que pesan cada una 2 quintales (92^{kg}·49) trabajan en un fondo forrado lateralmente con planchas de fierro, y cuyo fondo lo forma el mismo mineral. En cada uno de estos cajones que se surten de carga por medio de un canalón (hopper) comunicado con la tolva, se introduce también una pequeña corriente de agua que desalojada por los golpes sucesivos de los mazos, arrastra consigo el mineral molido y lo hace saltar sobre un plano inclinado, cuya altura arregla el mayor ó menor grado de molienda. Después de haberse depositado la arena y la lama en tanques convenientes, vuelve el agua excedente á un depósito donde la levanta una bomba para hacerla pasar de nuevo por los cajones del mortero. Treinta mazos dando 50 á 60 golpes por minuto, reducen á arena fina 100 toneladas de mineral cuarzoso y duro en una semana. El gasto de las almadanetas para moler las 35,000 toneladas que necesitan las haciendas, es muy considerable naturalmente y asciende á 60 toneladas de fierro colado, esto es, 3 por 1,750 del peso del mineral molido, pero este fierro se obtiene fácilmente y á poco costo en las ferrerías vecinas."

Previéndose que la cantidad de frutos que produjese la mina del Xacal serían en cantidad mayor que la que podía beneficiarse en las haciendas que poseía la Compañía, se tomó posesión de la hacienda de Loreto y de un extenso terreno cercano al tiro de San Juan. A fines de 1859 estaba muy avanzada la costrucción de esta hacienda en la que debería seguirse el método de

patio; para el granceo de los minerales se establecieron unos mazos movidos por ruedas hidráulicas, en las que se aprovechaban las aguas que extraía la bomba de San Juan; la molienda se terminaba en arrastras.

Nos parece muy interesante dar idea del costo que ocasionaba cada uno de los diversos métodos de beneficio que se seguían en las haciendas de la Compañía inglesa, pues así se completará el conocimiento de la metalurgia en el Distrito de Real del Monte. Sobre este punto dice Burkart lo siguiente:

"El costo de la fundición referido á un montón de mineral, 3,000 libras (1380kg.739) importa por término medio $92.06 ($66.65 la tonelada) y es más alto que el de la amalgamación; pero referido á un marco de plata extraído, importa $1.23 ($5.35 el kilo) y es más bajo que el de amalgamación. Este último es:

En los toneles $24.54 por montón; por marco $2.24;
En el patio 20.32 „ „ „ „ 1.98;

ó lo que es igual reduciendo á toneladas y kilos:

En los toneles $17.77 por ton.; $9.74 por kilo de plata.
En el patio 14.71 „ 8.61 „ „

"En cada una de las haciendas, por término medio de dos años (1854 á 1856) han importado los costos de amalgamación:

A. En toneles por montón:

1. En Sánchez $27.42; por tonelada $19.85.
2. En Velasco 23.27; „ 16.84.
3. En S. Miguel 22.84 „ 16.15.

B. En el patio por montón:

4. En Regla $20.32; por tonelada $14.71.

"En Regla son, pues, los costos menores que en las haciendas de toneles; y respecto de éstas, en Sánchez han sido $4.50 más altos que en San Miguel, y $3.15 más que los de Velasco. En esta última hacienda son los costos menores, en parte, por la mejor construcción y disposición de las máquinas y hornos y se reducirán todavía más, luego que estén concluídos los morteros de Peñafiel y pueda limitarse el uso del vapor. Con los morteros del Aviadero se han reducido ya los gastos de motores animados."

La cantidad de carga beneficiada en los diez años transcurridos de 1849 á 1858 y los productos obtenidos, los clasifica Burkart de la manera siguiente:

Por fundición.....	31,080cgs.5	ó sea	4,291ton.408	con	239716mcs.00	ó	55164kg.206	plata.
Por solución.....	13,199	0	„	1,822	437	„	8353	00	ó	1922	219	„
Por toneles.....	1.398,044	5	„	193,033	459	„	1411131	25	ó	324733	997	„
Por patio.....	279,846	0	„	38,639	429	„	300746	00	ó	69208	623	„
En todo.....	1.722,170	0	„	237,786	738	„	1959946	25	ó	451029	045	„

Cuyo valor es de $17.179,349.00.

"Según los datos anteriores se ha beneficiado por toneles cinco veces más carga que por patio; por el primer método se ha extraído, término medio, 0.337 marcos de plata por quintal ($1^{kg.}685$ por ton.), con una pérdida media de azogue de 6.22 por marco (17.75 por ciento) en los años de 1854 y 1856; por el segundo método se ha extraído, por término medio, 0.358 marcos de plata por quintal ($1^{kg.}791$ por ton.), con una pérdida media de azogue de $13^{onz.}08$ por marco de plata (163.25 por ciento) en los años de 1854 y 1856; y la extracción de plata por los toneles ha sido por consiguiente cinco veces mayor que la obtenida por patio. Si se consideran atentamente estos números y se reflexiona que por falta completa del beneficio de toneles al principio y más tarde por la limitada escala en que se planteó al fin del decenio precedente, sólo se podía beneficiar una porción muy corta de las grandes cantidades ya mencionadas, de los frutos que llaman rebeldes, y esto sin las ventajas conseguidas después, se verá claramente que esta es la principal causa de las pérdidas que sufrió la Compañía inglesa de Real del Monte, y de las ganancias importantes de la actual Compañía."

"La ley media por quintal de plata extraída de todos los minerales beneficiados, oscila en los diversos años entre 0.295 y 0.247 marcos ($1^{mg.}475$ á $1^{mg.}235$), y asciende para todo el decenio 0.379 ($1^{mg.}895$); las leyes medias correspondientes á cada método de beneficio separadamente durante el mismo decenio, son los siguientes:

Por el método de fundición	$2^{mcs.}571$	por quintal	($12^{mg.}855$).
„ „ „ solución	0 . 211	„	„	(1 . 055).
„ „ „ toneles	0 . 336	„	„	(1 . 680).
„ „ „ patio	0 . 358	„	„	(1 . 790).

"De aquí resulta que los metales más ricos los destinan al beneficio de fuego, y que los *azogues* se clasifican en la *pepena en frutos de patio y frutos de tonel.*"

"Considerando la extracción de plata de las minas de Real del Monte, continúa Burkart, y comparando la producida en los dos últimos períodos de su explotación antes y después de 1849, se notaría que la ley de plata extraída de los minerales en el primer período, fué la más baja, $0^{mcs.}42$ por quintal ($2^{mg.}10$), en 1848 (no debiendo tenerse en consideración el año de 1849); la más alta en 1838 en que ascendió á $0^{mcs.}84$ ($4^{mg.}20$) y la ley media de 1838 á 1848 $0^{mcs.}56$ ($2^{mg.}80$), perdiendo constantemente las minaas á pesar de estas leyes más altas que en el segundo período en que la menor, $0^{mcs.}29$ ($1^{mg.}45$) corresponde al año 1852, la mayor, $0^{mcs.}44$ ($2^{mg.}20$) al año de 1856, y la media de 10 años es de $0^{mcs.}36$ ($1^{mg.}80$), con cuyas leyes las minas han producido sin interrupción, como se verá más adelante, grandes ganancias, que en vano se buscaron anteriormente con frutos más ricos. De aquí debe inferirse que además de la circunstancia ya mencionada de ser muy desventajoso el beneficio de patio para los minerales rebeldes, tal como se aplicaba en el primer período de la explotación, y además de haber sido muy considerables los gastos generales, los de establecimiento y otros, también muy altos, los inmedia-

tamente invertidos en la extracción y beneficio de los minerales, pues ya antes del año de 1853, siendo la extracción de carga de la mina del Rasario muy considerable, excedió la cantidad de frutos beneficiados anualmente á la del primer período de explotación."

Buchan en su informe dice sobre leyes de los frutos del Real del Monte, lo siguiente:

"Los minerales en todos los estados en que se van encontrando en el beneficio, se ensayan constantemente y con mucho cuidado; sin embargo, siempre es muy difícil tomar ensayes exactos de masas tan grandes de frutos que van sujetándose en cantidades más pequeñas, de día y de noche, á las diversas operaciones del beneficio. Así es que estos ensayes más bien sirven como una útil comprobación, que como un medio seguro para determinar la cantidad de plata que deja de extraerse por los procedimientos químicos á que se sujeta el mineral."

"También influyen otras circunstancias sobre los resultados finales de los ensayes y del beneficio de los minerales que son difíciles de tenerse en cuenta, tales como la humedad que traen los frutos de la mina y lo que absorben en las diferentes manipulaciones y operaciones preparatorias á que se someten, y particularmente también la pérdida mecánica ocasionada en la reverberación por la corriente de aire que atraviesa los hornos y arrastra consigo las partes más finas del mineral, aunque se recobran en gran parte en las cámaras de condensación donde se depositan. Atendiendo á todas estas circunstancias, la pérdida de plata en los diversos métodos de beneficio que usan, puede graduarse en 6 por ciento, en la fundición, 15 por ciento en el beneficio de patio, 16½ por ciento en el beneficio de toneles en la hacienda de Velasco, que da los mejores resultados, y de 19 á 20 por ciento, por término medio, en las tres haciendas de toneles. Esta última es muy fuerte, pero debe tenerse en consideración que se tratan frutos rebeldes, que en el patio perderían de 35 á 40 por ciento, y además la irregularidad del trabajo que es inevitable en las haciendas que están en vía de construcción. Debe esperarse, sin embargo, que sistemándose el trabajo y estudiando asiduamente y comparando entre sí las diversas operaciones se consigan mejoras y economías de importancia en la extracción más perfecta de la plata del mineral."

"No se ha realizado esta esperanza respecto de los costos de beneficio, dice Burkart, pues en el año de 1856 fueron en todo más altos que el de 1854. Esto puede atribuirse principalmente al elevado precio de la leña y de la sal durante el año de 1856, y á las grandes pérdidas de azogue ocasionadas por la naturaleza de los frutos. A esta última causa debe atribuirse también la gran pérdida de plata que, como manifiesta la tabla siguiente sobre los resultados del año de 1856, fué de mucha importancia. Debe descontarse, sin embargo, de esta pérdida, la plata que se extrae del polvo concentrado que se deposita en grandes cantidades en las cámaras de condensación de los hornos de reverbero, y que da una ley de 30 á 40 marcos de plata por montón de 50 quintales (5 á 6.66 milésimos). La ley docimástica, la ley extraída y las pérdidas de plata en el año de 1856, fueron las siguientes:

Tip. y Lit. «La Europea»—México

Hacienda de patio "SANTA MARIA DE REGLA"

	SANCHEZ.		VELASCO.		SAN MIGUEL.		REGLA.			
	AMALGAMACIÓN.								FUNDICION.	
	EN TONELES.						PATIO.			
	marcos.	milésimos.	marcos.	milésimos.	marcos.	milésimos.	marcos.	milésimos.	marcos.	milésimos.
Ley dosimástica del mineral crudo	15,61	2,601	14,95	2,49	16,81	2,80	15,58	2,59	80,9	13,48
„ „ „ „ reverberado	13,48	2,25	13,63	2,27	14,09	2,35	„		„	
„ „ de los residuos	2,59	0,43	2,31	0,39	2,77	0,46	„		„	
Plata extraída	11,24	2ks.587	11,48	2ks.727	12,05	2ks 773	12,65	2ks.904	75,4	17ks.351
Importó la pérdida de plata por ciento (a) en la reverberación	13,65	13,65	8,83	8,83	16,18	16,18	„		„	
Importó la pérdida de plata por ciento (b) en los toneles.	14,35	14,35	11,91	11,91	12,13	12,13	„		„	
Pérdida total (a+b) por ciento	28,00	28,00	20,74	20,74	28,31	28,31	18,80	18,80	6,80	6,80
	onzas por marco.	p℥.	onzas por marco.	p℥.	onzas por marco.	p℥.	onzas por marco.	p℥.		
Pérdida de azogue	6,35	79,37	6,98	87,25	8,98	112,25	13,38	167,25		
	@ por montón.	ks. por tonelada.	@ por montón.	ks. por tonelada.	@ por montón.	ks. por tonelada.	@ por montón.	ks. por tonelada.		
Consumo de sal	5,34	44,477	4,54	37,864	5,72	47,644	4,42	45,976		
	cargas por montón.		cargas por montón.		cargas por montón.					
Consumo de leña en la reverberación	12,36	1235,5	9,41	940,510	18,32	1831,048	„	„		
Idem de ídem en las máquinas	4,71	470,755	3,52	351,817	„		„			

"La gran pérdida de plata que hay en la amalgamación debe atribuirse en parte á las combinaciones que se forman entre los metales contenidos en la lama y otros cuerpos durante la amalgamación, y que no son bien conocidas; pero también á la corta dosis que se agrega de sal, que es un ingrediente escaso y caro, y que no basta para clorurar completamente el mineral en la reverberación. La pérdida de azogue es muy variable é irregular; á veces, durante meses enteros, se mantiene en 3 onzas por marco (37.5 por ciento); en seguida, sin causa aparente y sin una alteración particular en la composición de los minerales, sube considerablemente, y después de algún tiempo vuelve á bajar sin que se conozca la causa."

"Otra circunstancia notable de la amalgamación de toneles en el Real del Monte, y sobre la cual ha llamado Burkart la atención, es que los residuos de los toneles dan al ensaye dosimástico la misma ley de plata después de ocho horas que al cabo de 24 horas de trabajo ó de rotación. Pero también al fin del primer período, el azogue se presenta completamente dividido y en tal estado, que por ningún método de lavado puede reunirse en cuerpo. Sin esta circunstancia sería posible vaciar los toneles varias veces al día, y llenarlos con nuevo polvo mineral; pero es preciso hacerlos girar otras 7 ú 8 horas más, para juntar el azogue y separarlo de los residuos. A pesar de todos los ensayos que se han hecho, no se ha podido conseguir hasta ahora suprimir este largo tratamiento del mineral en los toneles."

Respecto de la sal necesaria para la amalgamación, dice Buchan: "Es de los efectos más caros y difíciles de conseguirse, porque se lleva en parte, del Estado de San Luis Potosí, pagando por su flete $2.50 el quintal ($54.42 por tonelada), y en parte de Tampico y de Tuxpan en el Golfo de México, á donde se transporta por mar de la costa de Campeche. La sal de uno ú otro de estos puntos cuesta en Real del Monte $4.25 por quintal ($92.35 tonelada) y el consumo anual de 35,000 quintales ($1576^{\text{ton.}}837$), necesario para beneficiar 70,000 quintales ($32217^{\text{ton.}}243$) de mineral, importa la suma de $150,000. Para asegurar la provisión de este material indispensable y con la esperanza de conseguirlo á un precio cómodo, la Compañía ha establecido una gran salina en la laguna de Texcoco, cuyas aguas contienen carbonato de sosa y cloruro de sodio."

"El combustible es otro artículo que figura en los gastos con un importe considerable, porque las máquinas de vapor, los hornos de reverberación y la fabricación de carbón y las fraguas, necesitan anualmente 450,000 cargas ($20711^{\text{ton.}}085$) de leña, cuyo costo y transporte cuesta lo menos $150,000."

Lo expuesto hasta aquí y las explicaciones que da Buchan de las reacciones que suponía se verificaban en el beneficio de patio, nos demuestran que no era la composición mineralógica de los frutos de las minas la única causa del mal éxito en la aplicación del método de beneficio de patio. Si bien es cierto que establecido el procedimiento de toneles, y clasificados los frutos como rebeldes y como de patio se logró reducir en el tratamiento de estos últimos, la pérdida de mercurio 167.25 por ciento de la plata recogida, la

pérdida de plata no pudo hacerse bajar á menos de 18,80 por ciento de la ley dosimástica, de donde se deduce que el consumido de azogue disminuyó no por la mejor marcha del beneficio, sino porque se lavaba la torta antes de que éste terminara. Si se hubiera prolongado el tratamiento para tener mayor rendimiento de plata, indudablemente que la pérdida de mercurio hubiera sido mucho mayor. En resumen, de las dos circunstancias que hacían antieconómico el método, fuerte consumo de azogue y elevada pérdida de plata, sólo se llegó á reducir la primera.

En el método de toneles, en el que no debe haber consumido propiamente dicho, sino sólo pérdida mecánica, los resultados obtenidos en Velasco, donde como vimos se consideraba mejor aplicado el método de toneles, acusaban una pérdida de azogue de 79 por ciento del peso de la plata obtenida, lo que para pérdida mecánica era muy elevada. De manera que los resultados del beneficio de toneles eran buenos relativamente á los obtenidos en el patio, y sólo medianos si se atiende á los que debían obtenerse por la buena aplicacación de este método. Este elevado consumo de azogue en los toneles puede atribuirse á una incompleta reducción de los cloruros en los momentos de agregar el mercurio ó á falta de fluidez en la pulpa. El hecho asentado por Buchan de que el azogue se encontraba muy dividido después de haber marchado el tonel unas ocho horas, es un indicio de que la pulpa era muy espesa y por consiguiente la pérdida por causa mecánica era también muy elevada.

Respecto á la plata no amalgamada que se elevaba á 14 por ciento de la ley del metal al entrar al tonel, nos parece que debe atribuirse á una cloruración incompleta en los hornos, debida sin duda al afán de economizar la sal que á tan elevado precio se obtenía.

II.—HACIENDAS DE SANTA MARIA DE REGLA Y DE SANCHEZ.

En estas haciendas se practica en la actualidad el método de patio para el beneficio de los frutos de pinta limpia producidos por las minas de Real del Monte y por algunas de Pachuca.

Antes de ocuparnos del beneficio de amalgamación en estas haciendas, daremos una ligera idea de la manera cómo se procedía en la hacienda de Regla en el tratamiento de fundición, que según dijimos se usaba para los frutos de alta ley.

La ley de los frutos que se sujetaban á este tratamiento era más ó menos constante, y dada la manera como se presentan asociados los minerales en las vetas de los Distritos de Real del Monte y Pachuca, la composición se suponía prácticamente la misma. De aquí nació que se usara para componer el lecho de fusión una misma fórmula, á la que puede decirse que se había llegado de una manera empírica.

La revoltura de los minerales reductores y fundentes se hacía de la manera siguiente:

Mineral	$1^{ton.}00$
Plomo en forma de greta	2 ,, 06
Grasas	7 ,, 05
Cendrada, etc.	0 ,, 25
Masa de revoltura resultante	$10^{ton.}36$

La fundición se hacía en hornos alemanes á los que se suministraba el aire necesario por medio de ventiladores movidos por ruedas hidráulicas. Buchan dice que había ocho de estos hornos, pero los últimos años sólo marchaban tres, á los que se introducía el viento empleando un ventilador Roots que exigía una fuerza capaz de producir un trabajo de 9.67 caballos de vapor, la que se obtenía con una rueda hidráulica de $9^{m.}76$ de diámetro.

La capacidad de estos hornos variaba de $2^{ton.}50$ á $2^{ton.}75$ en 24 horas.

El consumo de combustible era un poco elevado, $3^{ton.}5$ á 6 ton. de carbón de madera por cada tonelada de mineral fundido.

Los resultados eran muy satisfactorios desde el punto de vista del rendi-

miento en plata, pues se obtenía el 95 por ciento de la ley dosimástica del mineral; pero el elevado precio del combustible y del plomo hacía muy costoso este tratamiento, pues según Buchan salía la carga fundida á $9,206 ó sea $66.67 por tonelada. El precio del combustible fué en aumento y en los últimos años el costo del tratamiento llegó á elevarse por esta circunstancia hasta $95.38 por tonelada de mineral. Esta fué la causa que motivó la suspensión de este tratamiento, resultando más conveniente para los intereses de la Compañía exportar los frutos que antes se fundían en la hacienda de Regla. Desde entonces sólo se beneficia en ésta por el método de patio.

Antes de proceder á la molienda se grancea el mineral, operación que se ejecuta en dos quebradoras Blake y en dos morteros de mazos.

Los frutos que vienen de la mina se hacen pasar por las dos quebradoras, que reducen los gruesos fragmentos á otros más pequeños; al salir de las quebradoras pasa la carga por unos cedazos que separan la parte gruesa de la granza que se ha producido en las quebradoras y de las tierras que acompañan al mineral desde la mina, esta parte se lleva á los aparatos de porfirización y la otra á las baterías de mazos, en donde se termina el granceo.

Los motores de granceo son dos, uno de 24 y el otro de 12 mazos; marchan con una velocidad de 40 golpes por minuto y dan un producto en 24 horas de 863 kgs. por mazo. La fuerza motriz es suministrada por dos ruedas, una de $9^{m}.64$ de diámetro que mueve la batería de 24 mazos, y otra de $9^{m}.60$ para la de 12.

La porfirización de los minerales se hace en arrastres y en un molino chileno.

Los arrastres usados en esta hacienda son de dos clases: los de la primera tienen $3^{m}.80$ de diámetro y reciben en la hacienda el nombre de arrastrones, se cargan con 1,400 kgs. de granza que quedan reducidos á polvo fino en 24 horas de trabajo, marchando el arrastre con seis vueltas por minuto. Ocho aparatos de esta clase están movidos por una rueda hidráulica de $9^{m}.76$ de diámetro y dos más que andan con mayor velocidad por otra rueda de $1^{m}.41$, esta misma rueda hace trabajar al chileno, pero cuando éste marcha no se mueven los arrastres y viceversa.

El molino chileno sólo muele tierras y marchando con una velocidad de 7 revoluciones por minuto da una cantidad de carga de 11045 kgs. en 24 horas; este elevado rendimiento del molino es debido á la circunstancia mencionada de que sólo muele tierras en las que naturalmente viene mucho polvo fino y la parte gruesa es muy pequeña comparada con el producto del granceo, de manera que no se puede con estos datos establecer comparación entre el efecto útil del molino y el de los arrastres; desgraciadamente no se han recogido datos más precisos para hacer esta comparación.

Los arrestres comunes tienen un diámetro de $2^{m}.40$, andan con seis revoluciones y producen 550 kgs. en 12 horas, haciéndose dos descargas al día. Ocho ruedas hidráulicas de $3^{m}.62$ ponen en movimiento á 16 arrastres. Tanto las ruedas como los arrastres están dispuestos en dos series, de manera que

el agua que obra en las cuatro ruedas de la primera serie viene después á impulsar las cuatro de la serie de abajo. Cada rueda mueve á dos arrastres colocados á uno y otro lado de ellas.

Con los aparatos mencionados se puede grancear semanariamente 217 toneladas 476 kilos y moler $221^{ton.}648$ kilos si trabajan los 16 arrastres chicos y los 10 grandes, ó $279^{ton.}328$ kilos si en lugar de dos arrastres grandes trabaja el molino chileno; tomando el promedio de estas dos cantidades resulta en números redondos una capacidad de molienda semanaria de 250 toneladas, ó lo que es lo mismo, de 1,000 toneladas al mes.

El patio tiene la extensión necesaria para 11 tortas de 100 toneladas y la duración media de una torta en beneficio es en esta hacienda de unos 30 días.

En el tiempo de nuestra visita solamente se beneficiaban sobre unas 55 toneladas semanarias por falta de minerales, ocasionada por la diminución de productos de algunas de las minas de la Compañía y porque los frutos de ley superior á 2 mgs. que antes se beneficiaban en las haciendas, hoy se venden á las compañías fundidoras.

Sánchez es una pequeña hacienda situada un poco más abajo del punto en que termina el socavón del Aviadero, que suministra el agua utilizada como fuerza motriz en esta hacienda.

Un mortero de 20 mazos movidos por una rueda de $9^{m.}30$ de diámetro que desarrolla de 14 á 15 caballos, produce la cantidad de mineral molido que puede beneficiarse en la hacienda, esto es, 100 toneladas cada mes.

Con el objeto de aprovechar mejor el agua del socavón del Aviadero, se abrió un socavón cerca de la hacienda de Velasco que se termina en la hacienda de Sánchez; con una longitud de cerca de 900 metros que tiene el socavón, se logró tener una caída de $16^{m.}25$, que se ha utilizado instalando una turbina colocada en una lumbrera abierta hacia el extremo del socavón de Sánchez. El trabajo que se cree aprovechar en este aparato es de 25 caballos que se destinan para hacer trabajar cuatro molinos chilenos de construcción moderna, en los que se porfirizarán unas 45 toneladas semanarias.

La capacidad del patio de que se dispone en la actualidad es insuficiente para beneficiar la cantidad de carga que produzcan los nuevos aparatos que se están instalando, por lo cual habiendo terreno bastante en la hacienda, se va á ampliar el patio todo lo que sea necesario. Cuando se terminen estos trabajos que constituyen una radical modificación de la hacienda, podrán beneficiarse cuando menos cuatro veces más carga que en la actualidad.

En la hacienda de Regla es casi necesaria una modificación de los aparatos de granceo y molienda, pues á más del estado de deterioro en que se encuentran tanto las ruedas como los mazos, molinos y arrestres, todos estos aparatos son de construcción antigua.

No se aprovecha tampoco debidamente la fuerza que de la cantidad de agua y de la diferencia de nivel se podría obtener á causa de la pérdida de pendiente que la instalación de cada rueda acarrea. Un solo receptor hidráulico

bien establecido podría dar resultados mecánicos muy superiores á los obtenidos con los 14 con que cuenta la hacienda en la actualidad.

Habiéndose tratado de una manera extensa la marcha del beneficio de patio en el Boletín relativo al Mineral de Pachuca, así como las reacciones á que da lugar el procedimiento de Bartolomé de Medina, sólo pondremos los resultados finales que se obtienen en las haciendas de Regla y de Sánchez.

La duración del beneficio es por término medio de 30 días.

La pérdida de azogue varía de 175 á 180 por ciento de la plata extraída.

El rendimiento en plata se estima en un 90 por ciento.

Hay que advertir que estando formado el fondo de los arrastres con fragmentos de las columnas basálticas de la hermosa cañada de Regla y siendo el mismo material el de las voladoras, la proporción de materia inerte introducida por el desgaste de los arrastres es muy fuerte; según el Sr. D. Manuel M. Contreras varía entre 18 y 24 por ciento del peso de la carga molida.

Para calcular el rendimiento, acostumbran en las haciendas de Regla y Sánchez (como también en San Miguel y San Antonio), tomar como término de comparación para las liquidaciones la ley de las lamas; de manera que la pérdida que acusan está afectada de un error correspondiente al aumento de materia inerte; refiriendo la pérdida de plata á la ley dosimástica del mineral antes de molerse, se eleva hasta á un 20 por ciento.

En efecto, la ley de los minerales que se beneficiaban cuando hicimos nuestra visita á las haciendas variaba entre $0^{mg.}66$ y $1^{mg.}00$; tomando por término medio $0^{mg.}83$ y suponiendo que el aumento ocasionado por el desgaste de las voladoras y los fondos de los arrastres sea sólo de 18 por ciento, la ley de las lamas resultará de $0^{mg.}7061$. La pérdida de 8 por ciento estimada sobre esta ley como se hace en las haciendas, será de $0^{mg.}0565$, de manera que esta pérdida agregada á la primera, que es de $0^{mg.}1271$, da como pérdida total $0^{mg.}1836$ que equivalen á un 22 por ciento de la ley dosimástica del mineral antes de molerse.

La ley de los residuos varía según nos informaron entre $0^{mg.}133$ y $0^{mg.}166$, siendo muy frecuente el caso de que sea de $0^{mg.}150$, refiriendo esta pérdida á la ley dosimástica del mineral granceado, resulta que el rendimiento acusado por el ensaye de residuos se eleva á un 82 por ciento, lo que equivale á una pérdida de un 18 por ciento de plata. (Como la observación anterior acusa una pérdida de 22 por ciento, si tomamos el promedio de ambas nos resulta un 20 por ciento como habíamos indicado.) A éste hay que agregar la pérdida ocasionada por la fundición y afinación de la plata, que naturalmente no se puede comprender en la que acusa el ensaye de los residuos; como esta pérdida la estiman en 1 por ciento, resulta que añadiéndola á la que da el ensaye de los residuos, la pérdida será de 19 por ciento. La observación anterior nos indicaba 22 por ciento, tomando el promedio resulta un poco más del 20 por ciento que habíamos fijado al principio.

III.—HACIENDAS DE SAN MIGUEL Y SAN ANTONIO.

Diversas son las opiniones de los beneficiadores sobre la naturaleza de los minerales argentíferos que deben considerarse como adecuados para el tratamiento de amalgamación en crudo, según el método de Bartolomé de Medina.

El inteligente químico Sr. D. Vicente Fernández, en su estudio sobre la "Práctica del beneficio de minerales de plata auríferos, usado en el Distrito de Guanajuato y llamado de patio,"[1] dice al tratar de los minerales propios é impropios lo siguiente:

"En otro lugar se ha indicado ya que las especies minerales que por este sistema se benefician en Guanajuato, y proceden nada más del Distrito minero del mismo nombre, son: el sulfuro de plata en sus formas mineralógicas de plata dúctil y polvorilla, y los sulfuros múltiples que constituyen á los rosicleres claro y obscuro, así como la polybasita y plata agria, y aparte de estos, aunque en menor cantidad, el seleniuro de plata que proviene de las minas de la parte oriental y norte-oriental del Distrito (Sto. Niño del Nayal, Peregrino, Capulín, Barragana y Villalpando)."

"Todas estas especies son á propósito. Algunas ocasiones se oye declarar rebeldes á algunos frutos que, aunque los constituyen las especies indicadas, proceden de tal ó cual mina; otras se dice que los frutos muy ricos y los rosicleres lo son también. En mi concepto, tal aseveración no es exacta, pues á la vez que á un beneficiador se le oye decir eso, á otro se le oye negarlo y á otro se le ve que no resiente tal rebeldía. Quizá como están impuestos á beneficiar frutos de $0^{mg}.937$ á $1^{mg}.560$ (ley media), sea fácil que pierdan el buen tino el día que tienen que manejar los de altas leyes, y que por eso se desconcierten. También debe influir en la supuesta rebeldía el que no pulverizan con exactitud, y es claro que las reacciones no se ejecutan con facilidad ni prontitud sobre granos de las especies como sobre polvos impalpables. En fin, no se puede negar la tal rebeldía desde el laboratorio á hombres que la experimentan en la práctica; pero de que exista no se puede inferir que los frutos que la presentan sean impropios para el beneficio de patio."

1 La Naturaleza, Tom. IV. Apéndice pág. 26.

Si además de los sulfuros múltiples y complexos se consideran las otras especies minerales argentíferas (pyrita, blenda, galena, etc.), encontraremos igualmente dividida la opinión de los beneficiadores, pues según algunos son rebeldes y según otros entran por el beneficio de patio.

De las opiniones de los beneficiadores prácticos de muchos Distritos mineros no podemos sacar ninguna conclusión, pues para ello sería necesario que sus observaciones fuesen más completas y mejor discutidas.

En minerales que contengan la argentita en proporción dominante, puede muchas veces presentarse en proporción mayor que de ordinario alguno de los sulfuros complexos de plata, y sin embargo no modificarse de una manera sensible los resultados del beneficio; pero, ¿sucederá lo mismo si éstos se encuentran en mayor cantidad? ¿Las asociaciones del azufre, el arsénico, el antimonio y la plata pueden tratarse económicamente por el beneficio de patio? Faltan datos prácticos para resolver estas cuestiones; pues los beneficiadores sólo afirman haber tratado frutos en que entran los sulfuros complexos pero no pueden definir en qué proporción. No se han ocupado de relacionar de una manera clara y precisa los accidentes que en la marcha del beneficio se observan á la composición del mineral.

Las propiedades químicas de las especies minerales argentíferas, las experiencias de laboratorio hechas en condiciones en que las reacciones pueden efectuarse con más energía, pueden dar algunas indicaciones sobre este asunto.

Conocida es la dificultad con que se atacan con muchos ácidos aun en caliente los sulfuros naturales de fierro, plomo y zinc, así como los cobres grises y las pyritas arsenicales, se comprende desde luego que dadas las condiciones de concentración y temperatura de los reactivos en el patio, el efecto sobre estos minerales es nulo y que no será este el procedimiento adecuado para extraer de ellos la plata que contengan.

Los compuestos haloides de la plata son difíciles de moler por ser dúctiles, son poco solubles en los cloruros alcalinos y no se reducen fácilmente por el mercurio, el bromuro y el yoduro aun menos que el cloruro; es decir, carecen por completo de aquellas circunstancias que se necesitan para la buena marcha del beneficio de patio.

Respecto á las combinaciones de la plata con el azufre, el arsénico y el antimonio, recordaremos que tienen las propiedades siguientes: el sulfuro de plata se transforma en cloruro por medio de una solución de bicloruro de cobre quedando este último al estado de sulfuro; esta reacción lenta en frío es muy rápida en caliente.

El sulfuro de plata es transformado en cloruro por una solución de subcloruro de cobre con formación de sulfuro de cobre y precipitación de cobre metálico.

Las combinaciones de la plata con el azufre y el arsénico y con el azufre y el antimonio son descompuestas sólo parcialmente por las soluciones de bicloruro y subcloruro de cobre.

Según Karsten los metales que reducen el cloruro de plata pueden agruparse de la manera siguiente, comenzando por aquellos cuya acción es más enérgica: zinc, fierro, arsénico, plomo, cobre, antimonio, mercurio, estaño y bismuto. Esta mayor afinidad del arsénico y el antimonio por el cloro dificulta la cloruración de la plata.

De aquí se deduce que la argentita es el mineral de plata que presta mayores facilidades para la aplicación del método de patio y que en cuanto á las combinaciones sulfuradas complexas, stephanita y pyrargyrita, miargyrita y proustita, aunque pueden ser en parte descompuestas por las soluciones de cobre clorurado, el tiempo necesario para esto y el riesgo de que por no ser completa la descomposición, las pérdidas en plata sean muy elevadas, como serán también las de mercurio, aconsejan que se aplique á estas especies minerales otro tratamiento más adecuado á su naturaleza.

Respecto de los límites dentro de los cuales las combinaciones de la plata con el arsénico y el antimonio mezcladas á la argentita sin que el mineral deje de ser tratable por el método de patio, dependen de la pérdida de plata y de mercurio que ocasionen, pues cuando éstos importen más que la diferencia entre el tratamiento y otro más adecuado á la naturaleza de estos minerales, deberá preferirse éste.

En las vetas de Pachuca y Real del Monte la pinta dominante es la argentita diseminada en una matriz cuarzosa á la que acompañan la polybasita y la pyrita en pequeña cantidad; estos frutos llamados de pinta limpia ó de patio son los que se benefician por el método de amalgamación mexicana.

En las partes altas de las vetas se presentan los óxidos de manganeso, á los que acompaña la plata al estado de cloruro y algo de sulfuro; la experiencia ha demostrado que estos frutos tratados por patio dan malísimos resultados, sobre todo por la elevada pérdida de azogue, por lo cual se prefiere aplicarles el método de amalgamación en toneles después de clorurarlos en hornos.

Al mismo tratamiento se sujetan los frutos muy pyritosos que contienen también galena y algo de blenda.

Aunque estos frutos pueden entrar por patio después de reverberación, para evitar la pérdida química de mercurio, es preferible clorurarlos en hornos y hacer la reducción en toneles por medio del fierro y agregar en seguida el mercurio para recoger la plata reducida. Este sistema llamado de Freiberg, es el que se emplea en las haciendas de San Miguel y San Antonio.

La molienda del mineral indispensable para todo procedimiento de beneficio que requiera el empleo de disolventes químicos, se hace en la hacienda de San Miguel por medio de dos baterías de 16 mazos, con peso de 184 kgs., $0^{m.}25$ de caída para una de las baterías, y $0^{m.}20$ para la otra, que dan 40 golpes por minuto; la carga molida por cada batería es por término medio de $6^{ton.}627$ kgs. en 24 horas; hay también cuatro molinos chilenos que, dando de 7 á 8 revoluciones por minuto, muelen de 12,500 á 13,800 kgs. en el mismo tiempo. La molienda hecha por medio de los aparatos enumerados es hú-

meda; con el fin de economizar combustible se ha instalado un molino Krup, de balas, capaz de moler en seco 13½ toneladas de mineral cuarzoso en 24 horas.

Dos ruedas hidráulicas de madera de $8^{m}\cdot25$ una y de $9^{m}\cdot15$ de diámetro la otra mueven las baterías de mazos y un molino de grumos; una turbina Löffel de $0^{m}\cdot425$ de diámetro instalada para aprovechar una caída de agua de $8^{m}\cdot38$ mueve los molinos chilenos, y finalmente una rueda de fierro de $9^{m}\cdot40$ de diámetro está destinada á imprimir el movimiento al molino de balas.

Los aparatos de molienda de la hacienda de San Antonio son 4 molinos chilenos que andan con siete revoluciones impulsados por una rueda de $9^{m}\cdot15$ y muelen $6^{ton}\cdot600$ kgs. cada uno en 24 horas, marchando con siete revoluciones por minuto, y una batería de 15 mazos con peso de 300 kgs., cayendo de una altura de $0^{m}\cdot225$ movida por otra rueda.

El mineral molido se asienta en lameros y de allí se saca á secar al sol en los patios de las haciendas, de donde se lleva á varios hornos para su desecación completa.

Los hornos de secar de San Miguel son húngaros, de tres mesas, y rinde cada uno $2^{ton}\cdot884$ kgs. en 24 horas. Se consumen $10^{ton}\cdot355$ kgs. de leña por horno en una semana. La leña no está muy seca y se estima que contiene un 30 por ciento de humedad.

En San Antonio hay dos hornos húngaros de tres mesas, iguales á los de San Miguel, y que con igual consumo de combustible pueden secar en igual tiempo la misma cantidad de polvos. Hay también en esta hacienda tres hornos rotativos, sistema White, de los que sólo uno funciona en la actualidad; para secar en éstos 16½ toneladas por día, se queman 27½ toneladas de leña en la semana. La fuerza necesaria para el movimiento de este horno se engendra con una rueda hidráulica que hace trabajar también al molino de grumos.

Secado el mineral pasa al molino de grumos y de allí á los hornos de tostar y clorurar. Diez es el número de estos hornos que hay en San Miguel, 5 son de tres y 5 de dos mesas, pero sólo marchaban 4 cuando visitamos esta hacienda. En San Antonio hay 6 hornos de dos mesas, de los que sólo trabajaban 4.

Cada horno se carga con 550 kgs. de mineral que se ponen en la mesa más alejada del hogar, en la que comienzan á reverberarse agitándolos con un rastrillo para voltear la carga con frecuencia; mientras una carga se reverbera, otra se clorura agregándole el 7 por ciento de sal marina en la mesa más próxima al hogar. La operación dura cuatro horas y se echan cinco hornadas por día, clorurándose así 5½ toneladas por horno en 24 horas. El peso de combustible consumido (leña) es el 80 ú 85 por ciento del peso del mineral tratado.

La primera operación que sufre el mineral en los hornos clorurantes, es una oxidación que tiene por objeto transformar los sulfuros en óxidos y sulfatos; debe procurarse conducirla de tal manera que la proporción de sulfatos

sea lo mayor posible, pues así se facilita la operación clorurante que viene después.

Si la cantidad de azufre contenida en el mineral es insuficiente, se agrega este elemento bajo la forma de pyrita, que se pone en proporción que varía del 10 al 30 por ciento según la naturaleza del mineral. Como el bióxido de manganeso calentado con cloruro de sodio en presencia de sulfatos descomponibles por el calor desprende cloro, cuando aquel mineral se encuentra en la matriz no es necesario agregar pyritas, pues el bióxido es capaz de descomponer, como acabamos de decirlo, la sal marina, circunstancia que se trata de facilitar provocando la formación de los sulfatos en los minerales que no contengan el óxido de manganeso.

Debe procurarse en la operación oxidante no elevar demasiado la temperatura, porque podrían descomponerse los sulfuros formados pasando los metales al estado de óxidos.

Para reconocer la marcha de la operación se atiende al desprendimiento de ácido sulfúrico; cuando éste ha disminuído se hace una tentadura de polvo, y si en ella se nota la desaparición casi completa de los granos de pyrita, galena y demás minerales, se da por terminada la operación.

Cuando ya se juzga terminado el tueste oxidante, se procede al clorurante haciendo pasar el polvo á la otra mesa y mezclándolo allí con sal marina; la proporción necesaria varía con la naturaleza del mineral y con la de la matriz. Cuando abundan las quemazones se disminuye la proporción de sal, y por el contrario deberá aumentarse si es fuerte la proporción de galena ó de blenda; á medida que aumenta la cantidad de pyrita se disminuirá la cantidad de sal, y si la matriz está constituída por alguna substancia fácilmente descomponible por el cloro, la proporción de sal tendrá que ser mayor.

Debe procurarse poner siempre un ligero exceso de sal, lo que facilita después la amalgamación en el tonel, sirviendo de disolvente al cloruro de plata y facilitando su reducción. En las haciendas de San Miguel y San Antonio se acostumbra poner la sal en la proporción de 7 á 8 por ciento del peso del mineral crudo.

Aunque no toda la plata se haya clorurado en los hornos, si se amontona el polvo caliente y se deja enfriar lentamente, la cloruración de la plata se continuará por algún tiempo y podrá obtenerse de esta manera hasta un 95 por ciento de la plata obtenida en el mineral al estado de cloruro.

Las reacciones por medio de las cuales se produce la cloruración en los hornos, pueden explicarse de la manera siguiente:

1.—Por doble descomposición efectuada entre el cloruro de sodio y los sulfatos cuya formación se procuró durante la operación oxidante. Por este medio se forman sulfatos de sosa y cloruros metálicos de plata, de plomo y de zinc, percloruro de fierro y bicloruro de cobre.

2.—Por descomposición de la sal marina á la temperatura del rojo, lo que da cloro y ácido clorhídrico, este último formado por la presencia del agua de cristalización y antimoniuros que aún permanezcan sin oxidar, dando los

cloruros correspondientes, y también sobre los sulfatos, arseniatos y antimoniatos que hayan podido formarse. El ácido clorhídrico obra de una manera análoga á la del cloro, y según opinan algunos autores, su acción es más enérgica que la del cloro sobre los arseniatos y antimoniatos. El azufre, arsénico y antimonio se volatilizan al estado de cloruros.

La descomposición del cloruro de sodio tiene lugar también por el ácido sulfúrico que se desprende por la acción del cloro sobre los sulfatos, aumentándose así la acción clorurante.

3.—Por la acción sobre la sal marina del ácido sulfúrico que se desprende por la descomposición al rojo de algunos sulfatos, se aumenta así el desprendimiento de cloro.

Por último, por la descomposición por medio del calor de varios cloruros con el percloruro de fierro y el bicloruro de cobre que cediendo parte de su cloro pasan al estado de protocloruros y aun al de óxidos; para producir esta reacción es conveniente elevar la temperatura, lo que se hace un poco antes de acabar la operación, debiendo tener cuidado de que la elevación no sea muy exagerada, pues ocasionaría grandes pérdidas de plata por la evaporación de su cloruro, ya sea solo ó bien arrastrado por otros cloruros volátiles. Esta precaución debe tenerse con mayor razón en el caso de ser auríferos los minerales.

La duración de la operación varía naturalmente con la naturaleza de los minerales; en las haciendas de San Miguel y San Antonio es de cuatro horas el tiempo necesario para rendir una carga.

Para conocer cuando ha terminado la cloruración, se puede recoger el cloruro de plata formado disolviéndolo por medio del amoníaco, ó como se hace en las haciendas que describimos por medio de una imitación en pequeño del procedimiento á que se va á sujetar el mineral después de clorurado. Se toma determinada cantidad del polvo, se pone con agua en una vasija de fierro en la que se remueve con un agitador también de fierro; cuando se termina la reducción de los cloruros formados se agrega mercurio y se continúa removiendo hasta amalgamar la plata reducida; se lava y filtra el mercurio, se quema la pella reunida y se pesa el botón de plata que se obtenga. La comparación entre el peso de la plata recogida y el contenido, indica la marcha de la operación y el momento en que la cloruración es completa.

El mineral clorurado pasa después de enfriado á los toneles de amalgamación, en donde se mezcla con agua en cantidad suficiente para hacer una pasta algo espesa; para los minerales que de ordinario se benefician en las haciendas de Huaxca se acostumbra poner el 33 por ciento del peso de la masa. Los toneles contienen en su interior cierta cantidad de balas de fierro con el fin de reducir los cloruros formados, lo que una vez conseguido permite agregar, sin temor de pérdidas químicas, el mercurio encargado de amalgamar la plata reducida.

En San Miguel hay 24 toneles pero sólo trabajan 20; el mismo número hay en San Antonio. La capacidad de los toneles es de $1^{\text{ton.}}$380 kgs.; se cargan y

echan á andar con una velocidad de 6 á 8 vueltas por minuto; al cabo de 3½ ó 4 horas se ha terminado la reducción y se agrega entonces el mercurio en proporción de 350 kgs. por cada tonel y se continúa marchando con la misma velocidad hasta que las tentaduras, que periódicamente se hacen, indican que la carga está rendida; se agrega más agua, se disminuye la velocidad á 2 ó 3 vueltas por minuto para facilitar la reunión del mercurio y al cabo de unas dos horas se escurre éste y en seguida la lama que se hace pasar por el canaleo y los apuros donde abandona la mayor parte del mercurio de la pella que acarreaba. Se filtra el azogue y se quema la pella.

El tiempo requerido para la reducción y amalgamación de los frutos que ordinariamente se benefician en San Miguel y en San Antonio es de ocho horas, sin incluir el que se gasta en las operaciones de cargar y descargar los toneles, de manera que sólo se hacen dos operaciones en 24 horas; sin embargo, cuando hay carga en abundancia y son dóciles los minerales se pueden hacer cinco lances en 48 horas.

La pérdida de azogue que ocasiona este beneficio, aplicado como acabamos de describirlo, es de sólo 30 por ciento del peso de la plata extraída, pérdida que es sólo mecánica.

La pérdida de plata la estiman en un 10 por ciento de la ley de las lamas y la dividen de la manera siguiente: 4 por ciento que se verifica durante la cloruración y el 6 por ciento restante en los toneles y afinación; pero en realidad es mucho mayor si se atiende á los ensayes de los minerales hechos en Pachuca ó Real del Monte; como el sistema de molienda empleado en San Miguel y en San Antonio no introduce gran cantidad de materia inerte, esta diferencia no puede provenir sino de una pérdida mayor en el beneficio, por la cual se resisten á pasar los beneficiadores.

La plata que sale de los toneles sólo saca unos 700 ó 750 de fino, por lo cual se sujeta á una copelación en hornos alemanes, agregándole plomo en proporción de 11½ kilos por barra de 31 kgs. de peso. El consumo de leña es de 14 kgs. por 1 kg. de plata por copelar. Una vez terminada la copelación en estos hornos alemanes, se escurre la plata en las rieleras para hacer las barras.

En la hacienda de San Miguel pueden beneficiarse unas 13116 toneladas anuales, y como 12426 toneladas en San Antonio.

Sería de mucho interés dar el costo que ocasiona la aplicación de los diversos métodos usados en las haciendas de la Compañía, pero carecemos de datos económicos completos, no sólo relativos á los gastos de beneficio, sino también á los de explotación, de manera que cuando indicamos los costos de alguna operación, es sólo de una manera aproximada.

Creo con el Sr. ingeniero D. Manuel Velázquez de León,[1] que "los resultados económicos son los únicos que definitivamente hacen juzgar de la bondad ó de los defectos de tal ó cual método, de tal ó cual máquina, de tal ó cual

1 Introducción al Informe de Burkart sobre Real del Monte en la traducción hecha por el Sr. ingeniero Velázquez de León.—Anales de la Minería Mexicana, pág. 4.

beneficio metalúrgico, etc., siendo también estos datos los únicos verdaderamente útiles para un estudio práctico de la minería," y con él lamento la reserva que siempre ha usado la Compañía sobre este punto.

A continuación ponemos algunos datos que en diversas circunstancias hemos podido reunir.

Dijimos ya que los costos ocasionados por los diversos sistemas de beneficio usados por los años de 1854 á 1856 eran de $66.65 por tonelada para la fundición, de $24 54 por tonelada para los toneles y de $20.32 para el patio. El costo del procedimiento de fundición se elevó, como ya dijimos, á $95.38 por tonelada cuando se suspendió este tratamiento.

Según datos tomados de apuntes del finado ingeniero D. Juan N. Cuatáparo, administrador de la hacienda de Regla durante algún tiempo, el costo del beneficio de patio en el año de 1873 fué de $15.87 por montón de 30 quintales ($11.50 por ton.) incluída la pérdida de mercurio, y de $11.78 por montón ($8.54 por ton.) sin llevar en cuenta la pérdida de mercurio. En la actualidad nos parece que será como de 10 pesos por tonelada.

Respecto al costo de beneficio por toneles diremos que puede estimarse en San Antonio y en San Miguel en $12.50 por tonelada incluyendo el importe del azogue perdido.

La circunstancia de ser el agua la fuerza motriz, hace muy barata la molienda, y de allí resulta el poco costo del beneficio en las haciendas de Regla, Sánchez, San Miguel y San Antonio.

IV.—MOLIENDA.

La molienda de los minerales es una de las operaciones de mayor importancia, no sólo en el procedimiento de beneficio por amalgamación, sino en casi todos aquellos que se basan en el empleo de disolventes químicos diversos, como también en el caso de que se trate de concentrar el mineral. No creemos pues fuera de lugar el hacer una comparación entre los aparatos de molienda usados en las haciendas descritas en este Boletín y en el relativo al Distrito Minero de Pachuca.

Antes de hacer el estudio comparativo que nos proponemos, entraremos en algunas consideraciones sobre las condiciones que debe presentar la molienda.

Dos son las cuestiones que pueden presentarse como principales al estudiar la molienda y que están íntimamente enlazadas entre sí. La primera es, el grado de división á que deben llevarse los minerales que dependen naturalmente del objeto final que se busca; y la segunda, el modo de obtener el grado conveniente de molienda con mayor economía.

Si la molienda se hace con el fin de concentrar el mineral, más que tratar de obtener una gran cantidad de lama fina, debe procurarse la uniformidad del tamaño de los fragmentos; lo que se comprende si se reflexiona un poco sobre la manera como se hace la concentración.

El objeto de la concentración es quitar la mayor parte posible de la matriz del mineral para tener en mayor masa reunida la parte útil, á fin de economizar los gastos de transporte ó los de beneficio. O bien tener el mineral útil más puro quitándole para esto algunos acompañantes que puedan dificultar su tratamiento ó acarrear fuertes pérdidas.

La concentración se funda en las diversas resistencias que según su forma y peso presentan los fragmentos minerales para en un fluido, ó para ser arrastrados por un fluido en movimiento, el agua ó el aire si la concentración se hace en seco.

De dos maneras puede hacerse la concentración, ó bien el mineral molido se sujeta inmediatamente al tratamiento, en cuyo caso los fragmentos depositados presentan volúmenes diversos pero de peso casi igual; en este caso el

mineral útil, que es generalmente el más denso, se encontrará en granos pequeños mezclados con otros de mayor tamaño constituídos por la matriz, la separación no será completa sino cuando por una tamización se haya hecho la división por tamaños; ó bien, lo que es mejor, se hace la tamización primeramente dividiendo la masa por medio de cedazos en varias clases, en cada una de las cuales los granos son prácticamente de igual volumen; sometida cada una de estas clases á la concentración propiamente dicha, la parte más pesada que es la que contiene el mineral útil solo ó mezclado con algo de matriz, se separará de la parte más ligera, compuesta casi en su totalidad de matriz con algo de mineral.

Este modo de proceder es el que da mejores resultados, y para aplicarlo se usan cedazos de tela de diversos números, ó de palastro con perforaciones de diámetros diferentes; se sujeta en seguida el mineral tamizado á la acción del agua en aparatos distintos, ó en uno mismo con tal que esté dotado de mecanismos que permitan variar las condiciones de velocidad del agua, y por lo mismo su fuerza de impulsión de acuerdo con el tamaño de los granos del mineral.

La tamización previa, que como acabamos de ver es muy conveniente, es más costosa cuando se tratan polvos finos que cuando se pasan minerales un poco gruesos, circunstancia que indica la conveniencia de que la molienda para la concentración sea un poco gruesa. A continuación ponemos algunos párrafos tomados de diversos autores en que indican la conveniencia de que sea gruesa la molienda de los minerales que se van á concentrar.

El Sr. ingeniero de minas D. Antonio Moreno, en su opúsculo "Apuntes sobre la concentración de los metales,"[1] dice lo siguiente: "Antes de pasar adelante haremos algunas consideraciones sobre la molienda que es no sólo la operación preliminar para toda concentración, sino también la más importante por su costo y porque una molienda inadecuada haría imposible la concentración económicamente hablando. Nunca se encomiará bastante una buena molienda no sólo para concentrar, sino aun para sujetar los metales á ciertos tratamientos puramente metalúrgicos, si se puede decir así."

Más adelante dice: "Una de las causas más grandes de pérdida es que los metales sean lamosos, pues cualquier aparato que se emplee para concentrar por vía húmeda, no se puede evitar que mucha, muchísima, parte del polvo metálico sea arrastrada por el lodo más ó menos espeso que forma la lama. Si la concentración se hace en seco no debe considerarse que el metal sea ó no lamoso; pero este caso no nos atañe por ahora. Ahora bien, desde el momento que se carga la tahona comienza á haber una gran parte de metal en polvo fino, que es el que en los morteros se redujo necesariamente á este estado, y aquel que las manos (ó metlapiles) reducen al mismo estado desde

1 Estos párrafos los tomamos del Estudio del Distrito Minero de Guanajuato por el ingeniero D. Pedro López Monroy.—"Anales del Ministerio de Fomento," tomo X.—México 1888.

las primeras vueltas; éste, aunque bastante molido, sigue remoliéndose hasta que termina la operación, que tarda de 24 á 48 horas: de ello resulta que más de la mitad de ese tiempo se ha empleado en trabajo inútil, que más de las tres cuartas partes del metal ha quedado finamente pulverizado y altamente impropio para la concentración, y que ha costado la molienda mucho más de lo necesario."

Concluye diciendo el autor: "con metales lamosos se pierde indefectiblemente de 60 á 70 por ciento de metal cuando se quiere concentrar, y que es arrastrado en las mismas lamas según ensayes que se hicieron de ellas."

Guido Kustel[1] afirma "que teniéndose una pinta más quebradiza que el cuarzo de la matriz, la lama finísima que resulta en la molienda es la porción más rica de los residuos y á la vez inadecuada para la concentración, y que la riqueza de la lama es más del doble de la de la cabecilla."

Las experiencias ejecutadas por Franz Pieler en Ramsberg le dieron una fuerte pérdida de ley en los minerales concentrados, pérdida que este autor explica así: "La gran pérdida que se tuvo en estas experiencias proviene de que en la molienda fina de Ramsberg muchas partículas minerales se muelen demasiado para ser recogidas por una preparación mecánica cualquiera."

Con este motivo, agrega el Sr. D. Pascual Arenas[2] en una nota que pone á la traducción del estudio de Pieler, lo siguiente: "En esto deben fijar su atención las personas que en estos últimos tiempos han pretendido concentrar minerales pobres, teniendo algunas de ellas la idea errónea que mientras más fina fuera la molienda sería mejor el resultado."

La dificultad del enriquecimiento de las substancias minerales finamente pulverizadas proviene de que por la pequeñez excesiva de los granos éstos son fácilmente arrastrados por el agua que los tiene en suspensión, que en este caso posee cierta viscosidad que exagera su fuerza de acarreo.

Los artificios que como el frotamiento, las sacudidas y otros aprovecha el arte de la concentración en la construcción de aparatos adaptables á la molienda fina, son una prueba de la dificultad de que hablamos; y por lo mismo creemos que cuando se trata de moler solamente con el fin de concentrar, es conveniente obtener una molienda bastante gruesa, y sólo se deben concentrar minerales finamente molidos cuando se trata de aprovechar las substancias metálicas que se encuentren en los residuos de algún tratamiento metalúrgico que requiera molienda fina.

Lo dicho hasta aquí nos da la razón de la pequeña cantidad de plata que se recoge de los residuos de las tortas, panes y toneles tal como se concentran en las haciendas de Pachuca y Regla; pues los polvillos no presentan ninguna de las condiciones necesarias para la buena concentración, tamaño relativamente grande y uniformidad de dimensiones. Si se quiere tener mejores resultados, será preciso el empleo de aparatos perfeccionados y propios para la

1 Treatise of Concentrations of all kinds of ores.

2 Anales de la Minería Mexicana, tom. I, pág. 277, 1861.

concentración de estos residuos que se encuentran en las condiciones más desventajosas para una buena operación.

Respecto al grado de finura que se requiere en la porfirización para determinado beneficio, varía naturalmente con la naturaleza de éste y con la del mineral. Concretándonos al caso del beneficio de amalgamación por patio, haremos las siguientes consideraciones.

El costo de la molienda depende del grado de fineza que se quiera obtener, y en cuanto á los resultados de la amalgamación no siempre son mejores cuando la molienda es más fina. En efecto, hay que tener en cuenta en el beneficio de amalgamación la acción mecánica que sobre el mercurio ejercen los polvos minerales que siendo muy finos se adhieren á los glóbulos de mercurio é impiden el contacto con el cloruro de plata, dificultando su reducción y la amalgamación de la plata, ocasionando pérdida de ley, y además los glóbulos de mercurio así cubiertos de polvo no se reunen fácilmente y son arrastrados por el agua al lavar la torta, lo que ocasiona una elevada pérdida mecánica de azogue.

Las experiencias hechas con minerales que contienen como matriz la calcita asociada al cuarzo, demuestran que la proporción de carbonato de cal es mayor en las partes finas que en las gruesas; y que lo contrario pasa con el cuarzo que se encuentra en mayor cantidad en las arenas gruesas. Esto proviene de que siendo la caliza más fácil de moler que el cuarzo, aquella se reduce á polvo cuando éste empieza á remolerse. Lo mismo pasa con la mayor parte de las substancias metálicas y de allí el enriquecimiento de las lamas de que ya hemos hablado, y el que, cuando el mineral esté en un estado de división propio para el beneficio, la matriz, si es cuarzosa, se encuentre en granos gruesos; querer llevar ésta al mismo grado de fineza, es trabajar sobre material completamente sin valor.

Los ensayes hechos por el Sr. ingeniero López Monroy sobre una torta ya rendida, le dieron los resultados siguientes:

Residuos de tela núm. 45.....	216gr.66	plata por ton.
Idem de las demás telas y arenilla más fina.	16 . 66	„ „ „
Lama ó polvo impalpable.....	266 . 66	„ „ „

Por estos datos se ve que una fuerte cantidad de la plata que no se ha amalgamado se encuentra en la parte más fina y que puede juzgarse perdida, pues será arrastrada con el agua en el lavado de la torta.

La naturaleza del mineral, la de la matriz, la manera como están asociados, etc., son circunstancias que deben tenerse en cuenta al estudiar el grado de molienda conveniente, ya sea que se trate de concentrar el mineral ó de beneficiarlo; sólo de una manera experimental podrá determinarse con acierto en cada caso particular el grado que sea más conveniente.

Tratemos ahora de hacer un estudio comparativo, desde el punto de vista del rendimiento de los aparatos de molienda usados en los Distritos mineros que hemos estudiado.

Entre los aparatos empleados en la porfirización hay algunos como los molinos chilenos y los arrastres que requieren para su buen funcionamiento que el mineral se encuentre reducido á fragmentos pequeños; con este fin se hace sufrir al mineral una primera operación que se llama granceo.

Los aparatos de granceo más usados en las haciendas que hemos descrito son: las quebradoras de quijada, los molinos de cilindros, los morteros de mazos y los molinos chilenos, á los que se les suele dar el nombre de rastrones.

Durante el granceo se produce cierta cantidad de polvo fino cuya proporción varía, no sólo con el tamaño que se quiere obtener al grancear el mineral, sino también con el aparato usado. Algunos beneficiadores opinan que deben preferirse aquellos aparatos que producen mayor cantidad de polvo fino porque así se disminuye el costo de la porfirización; pero como la cantidad de polvo producida durante el granceo continúa remoliéndose en la porfirización, el resultado final será el aumento de la lama demasiado fina, lo que no siempre es conveniente como ya vimos. Para nuestro objeto consideraremos el granceo como una operación preparatoria para la porfirización sin tener en cuenta la proporción de polvo fino que se pueda producir.

Los aparatos empleados para el granceo son las quebradoras de quijada, los molinos de cilindros, los chilenos y los morteros de mazos.

Las quebradoras se usan solamente para reducir los grandes trozos de mineral á otros más pequeños que se hacen pasar en seguida por los aparatos de granceo. Las quebradoras Blake y las Dodge son las más usadas; el esfuerzo necesario para mover estas máquinas varía con las dimensiones propias de ellas, con la separación que se da á las quijadas y con la dureza del mineral. Cuando se quiebra mineral cuarzoso hasta reducirlo á fragmentos de $0^{m}\cdot03$ á $0^{m}\cdot05$ por lado, el rendimiento es por término medio de $0^{ton.}\cdot70$ á $0^{ton.}\cdot90$ por hora y por caballo de fuerza.

La quebradora Blake de la hacienda de La Unión grancea 99 toneladas en 24 horas ó $4^{ton.}\cdot125$ por hora, de donde resulta $0^{ton.}\cdot825$ por caballo–hora.

En la hacienda de Guadalupe hay un molino de cilindros destinado á grancear el mineral; necesita una fuerza de 51 caballos y grancea 207 toneladas en 12 horas, ó bien $17^{ton.}\cdot25$ por hora, de lo que resulta por hora y por caballo 338 kgs. de granza.

Los molinos chilenos aplicados al granceo consisten en una rueda vertical de piedra con llanta de acero que rueda sobre un fondo anular de fierro arrastrada por dos caballos. En las haciendas de Loreto, Purísima Grande y Purísima Chica hay varios de estos aparatos y en ellos se grancea por término medio 770 kgs. de granza por hora, la que se hace pasar por un tamiz de palastro con perforaciones de $0^{m}\cdot01$ de diámetro; en estos chilenos corresponde á una mula en una hora 385 kgs. de granza.

En la hacienda de Regla, según hemos visto, el granceo se hace por medio de morteros de mazos. Los mazos constan de una varilla vertical de madera de encino, de sección rectangular, que lleva en su extremidad inferior una almadaneta de fierro y hacia el fin del tercio superior una parte saliente, lla-

mada sobarbo, sobre la que vienen á obrar las levas montadas en el árbol horizontal. El peso de los mazos es como de unos 225 á 230 kgs. y dan 40 golpes por minuto cayendo de una altura de $0^{m}.225$; produce por término medio 20700 kgs. la batería de 24 mazos, ó 59 kgs. por mazo y por hora; la batería de 24 mazos exige una fuerza de 23.39 caballos de vapor ó de 0.975 por mazo; la batería chica de 12 mazos muele 8280 kgs. en 24 horas y exige una fuerza de 9.88 caballos ó 0.823 por mazo; tomando el promedio de estos dos resultados que es 0.889 caballos y la media de la cantidad granceada que es 14490 kgs., resulta por caballo-hora de $35^{kg}.85$.

La granza obtenida por medio de los chilenos y mazos es más fina que la de los molinos de cilindros y contiene mayor cantidad de polvo fino, lo que proviene de la dificultad de descargue de estos aparatos, pues permaneciendo el mineral más tiempo en ellos se remuele y disminuye el rendimiento.

La molienda se hace con agua por medio de arrastres, molinos chilenos y morteros, aparatos cuya descripción omitimos por ser muy conocidos.

En la hacienda de la Purísima Chica hay arrastres de dos dimensiones que naturalmente producen distinta cantidad de carga molida. Los de diámetro comprendido entre $2^{m}.50$ y $2^{m}.80$ muelen en 24 horas $379^{kg}.5$, y como se mueven con dos mulas, resulta por mula y por hora $7^{kg}.9$. Los arrastres chicos de $2^{m}.40$ de diámetro se mueven con una sola mula y rinden en 24 horas 276 kgs. ó sea $11^{kg}.5$ por mula y por hora. En la Purísima Grande los arrastres son más grandes pues su diámetro tiene $3^{m}.35$; con dos mulas se muelen en 24 horas 414 kgs. ó $17^{kg}.25$ por hora y $8^{kg}.6$ por mula y por hora.

En la hacienda de Loreto la moliedda es de 27600 kgs. en 24 haras con 60 arrastres movidos por dos mulas cada uno; corresponde, pues, á un arrastre en un día 460 kgs. ó $19^{kg}.16$ en una hora; por hora y por mula el rendimiento en Loreto es de $9^{kg}.5$.

En la hacienda de Regla según hemos visto hay arrastres de dos diferentes capacidades; todos están movidos por ruedas hidráulicas, y marchan con seis revoluciones por minuto. Ocho de las grandes tahonas están impulsadas por una rueda de $9^{m}.76$ de diámetro que recibe $207^{ls}.28$ de agua por segundo y desarrolla un trabajo de 26.97 caballos; la cantidad molida en los 8 arrastres es de 11200 kgs. en 24 horas. A cada arrastre corresponde 3.37 caballos de fuerza y 1400 kgs. de mineral molido, y por caballo-hora $17^{kg}.31$.

Hay otros dos arrastres de las mismas dimensiones movidos por una rueda de 9.40 caballos; el esfuerzo para ésta es muy superior al de las otras, pues es de 4.70 caballos por arrastre, y como la cantidad molida es de 1400 kgs. como en las otras, resultan $12^{kg}.41$ de lama por hora y caballo.

Los arrastres chicos de Regla, según hemos visto en la descripción de esta hacienda, están arreglados de manera que unas pequeñas ruedas de $3^{m}.62$ de diámetro muevan á dos arrastres colocados á uno y otro lado; el agua que recibe cada rueda es de 125 litros y el trabajo desarrollado de 6 caballos. Como cada arrastre muele 1100 kgs. en 24 horas, resulta por caballo-hora $15^{kg}.27$ de lamas.

En la misma hacienda hay un molino chileno que muele 11040 kgs. de tierras por día, el esfuerzo necesario para éste es de 9.4 caballos, lo que da como rendimiento $48^{kg}.98$ por unidad de trabajo mecánico y por hora.

Los cuatro molinos chilenos de San Antonio se mueven con una rueda hidráulica de $9^{m}.80$ de diámetro que desarrolla unos 29 caballos; la cantidad molida es de 10 toneladas en 24 horas ó de $14^{kg}.37$ por caballo–hora.

Los molinos chilenos de San Miguel son cuatro movidos por una turbina de fuerza de 25 caballos; muelen $13^{ton}.800$ ó 23 kgs. por hora y caballo.

En las haciendas de Guadalupe, La Unión y Bartolomé de Medina, también se encuentran molinos chilenos aplicados á la molienda del mineral. Los de la hacienda de Guadalupe, cuyas ruedas pesan 4100 kgs., andan con 13.5 vueltas por minuto; con 14 de estos molinos se obtienen 690 toneladas de mineral molido por semana, necesitándose una fuerza de 145.48 caballos ó bien 10 caballos por molino, incluyendo las transmisiones y demás resistencias pasivas; por caballo–hora se tendrá pues un rendimiento de $29^{kg}.33$.

Los molinos de la hacienda de La Unión tienen ruedas que pesan 5 toneladas cada una, necesitan un esfuerzo total de 11 caballos, y como cada uno muele 11040 kgs. en 24 horas, tendremos por hora y por caballo $41^{kg}.8$.

En San Miguel, San Antonio y Sánchez parte del mineral que se beneficia en las haciendas se muele en baterías de mazos muy semejantes á los que usan para el granceo; las que se encuentran mejor conservadas son las de San Miguel, cuyos mazos pesan unos 300 kgs. y dan 50 golpes por minuto. Diez y seis de estos mazos tienen una caída de $0^{m}.25$ y los otros 16 de $0^{m}.20$. Dos ruedas de $8^{m}.24$ y de $9^{m}.15$ de diámetro respectivamente reciben cada una 150 litros por segundo, el trabajo desarrollado será de 16.6 para una y de 16.9 para la otra; tomando el promedio de 16.75, resulta para cada mazo un esfuerzo de 1.04 caballos; la cantidad molida por mazo es de 414 kgs. por día ó 17.25 por hora, y por caballo en el mismo tiempo $16^{kg}.58$.

Las baterías modernas de mazos instaladas en las haciendas de San Francisco de Maravillas y de Progreso están movidas por vapor. En la primera de estas haciendas hay 6 baterías de 5 mazos de $475^{kg}.65$ de peso que caen de $0^{m}.165$ de altura dando 104 golpes por minuto. La molienda obtenida por cada mazo en 24 horas es de 3 toneladas. En Progreso hay 50 mazos en 10 baterías, el peso del mazo es de 385 kgs. y la altura de caída de $0^{m}.139$ y 104 el número de golpes por minuto. Los 50 mazos producen 110 toneladas de molienda en 24 horas ó sea $2^{ton}.200$ kgs. por mazo en el mismo tiempo. El esfuerzo necesario es de 3 caballos para los mazos de la hacienda de San Francisco y de 2.5 para la de Progreso. De esto resulta por caballo–hora $41^{kg}.67$ en la primera y $36^{kg}.66$ en la segunda de estas haciendas.

Este estudio está muy lejos de ser completo, pues nos faltan algunos datos para determinar la relación entre el trabajo motor y el trabajo útil y poder determinar así el coeficiente mecánico propio á cada uno de los aparatos de molienda de que nos hemos ocupado.

También nos faltan datos relativos al costo del motor de sangre y del mo-

tor de vapor, así como experiencias, datos adecuados para determinar el trabajo desarrollado por una mula ó un caballo; pero como algunos de los aparatos enumerados están movidos por motor de sangre, vamos á procurar establecer una relación entre ambos motores utilizando las experiencias de los Sres. ingenieros D. Miguel Velázquez de León y D. Manuel María Contreras.

En el interesante estudio de la preparación mecánica, publicado por el Sr. Velázquez de León en los Anales mexicanos de ciencias, encontramos los datos siguientes:

VELOCIDAD DE LA MULA.			TRABAJO DESARROLLADO POR MULA.		Equivalencia en caballos dinámicos = 75 kgs. × 1 s.
por 1 s.	por 1 m.	Tensión.	en un min.	en 12 horas.	
		kg.	kg.	kc.	
0.71	42.6	46.0	1959.6	1410912.0	0.435
0.53	31.8	57.5	1828.5	1316520.0	0.406
0.83	49.8	25.3	1259.9	907157.0	0.280
0.62	37.2	43.2	1607.0	1157040.0	0.357
0.83	49.8	20.7	1030.9	742248.0	0.229
0.62	37.2	34.5	1283.4	924048.0	0.285
	248.4	227.2	8969.3	6457925.0	1.992
	41.4	37.86	1494.9	1076321.0	0.332

Estos resultados son un poco bajos, pues la media 1076321 kilográmetros, trabajo de una mula por día, es inferior al que asignan los autores de mecánica para una mula en las condiciones en que trabajan las de los arrastres.

Más adelante dice el Sr. Velázquez de León, que suponiendo un esfuerzo medio de 54 kgs. y una velocidad de $1^{m.}20$ por segundo, resulta para una mula 933120 kilográmetros en cuatro horas de trabajo; según estos datos el equivalente en caballo dinámico es de 0.86.

De la Memoria sobre el cálculo del trabajo mecánico de un molino de grancear los minerales, publicado por el Sr. ingeniero D. Manuel Contreras en el tomo II de los Anales de la Sociedad Humboldt, leemos lo siguiente:

"La fuerza de tracción de una mula, medida con un dinamómetro, variaba en 34 y 52 kilos, pudiendo estimarse como término medio en 43 kgs.

"La velocidad por segundo era de $0^{m.}958$. Trabajo motor de una mula por segundo 41.194 kilográmetros. Con estos datos resulta que el trabajo de una mula equivale á 0.54 caballos de vapor. Este valor es bastante aproximado. Si tomamos el término medio entre los tres valores deducidos 0.549, 0.332 y 0.840, el resultado 0.589 es muy aceptable. Los autores de mecánica asignan al trabajo motor de una mula 0.54 caballos como equivalente suponiendo que el esfuerzo medio sea de 45 kgs., la velocidad por segundo de $0^{m.}90$ y 8 horas la duración del trabajo, de donde resulta el trabajo por segundo de 45 kilográmetros. Admitido el valor de 0.58, tendremos que para obtener el trabajo equivalente al de un caballo dinámico en 24 horas serán necesarias seis mulas."

Para obtener siquiera una idea del costo de estos motores, diremos: que en la máquina de la hacienda de Guadalupe se queman $3^{kg}.64$ de leña por caballo–hora y que costando la leña á razón de $0.59 los 100 kgs., resulta el costo de caballo de vapor de $4.34 semanarios ó $0.60 diarios, quedando incluídos en estos valores los gastos de maquinista, fogoneros, etc.

La manutención de una mula dándole $9^{l}.5$ de cebada y $11^{kg}.5$ de paja en 24 horas, cuando la cebada vale $2.71 el hectólitro y la paja $2.17, 100 kgs., resulta á razón de $0.31 diarios por término medio, incluyendo gastos de caballeriza, etc.

Hemos establecido que para obtener con un motor de sangre el equivalente de trabajo del caballo de vapor en 24 horas se necesitaban 6 mulas, el costo pues del motor de sangre equivalente será de $1.86 diarios.

El precio de las pasturas es bastante variable: cuando se compran en tiempo oportuno en grandes cantidades resultan más baratas, por lo que supondremos que el costo diario de manutención de una mula sea por término medio de $0.28 diarios; con este costo y el de $0.60 del caballo de vapor veremos cuánto importa el motor para moler una tonelada de mineral en cada uno de los diversos aparatos enumerados.

Granceo.

Aparato usado.	Hacienda.	Cantidad granceada en 24 horas.	Fuerza motriz necesaria.	Carga producida por cab. vapor ó por mula.	Costo del motor por tonelada.
Quebradora Blake....	La Unión.....	99 ts.	5 cab. vpr.	19800 kg.	$ 0.03
Molino de cilindros...	Guadalupe.....	414 ts.	51 „ „	8118 „	„ 0.07
Chileno	Varias.....	18t.730 kg.	6 mulas.	3123 „	„ 0.08
24 mazos antiguos....	Regla	20700 ks.	23.39 cab.	885 „	
12 ídem ídem.....	Idem	8280 kg.	9.88 „	838 „	

Molienda.

1 arrastre.....	Purísima Chica...	$379^{kg}.5$	4 mulas.	$94^{kg}.88$	$ 2.95
1 ídem.....	Idem ídem.....	276 kg.	2 „	138 kg.	„ 2.03
1 ídem.....	Purísima Grande.	414 „	4 „	$103^{kg}.5$	„ 2.71
1 ídem.....	Loreto.....	460 „	4 „	115 kg.	„ 2.43
1 molino chileno.....	Guadalupe.....	7040 „	10 caballos.	704 „	„ 0.85
1 ídem ídem.....	La Unión.....	11040 „	11 „	1004 „	„ 0.60
30 mazos americanos.	San Francisco.....	90 ts.	90 „	3000 „	„ 0.60
50 ídem ídem.....	Progreso.....	110000 kg.	125 „	2200 „	„ 0.68
16 ídem antiguos.....	San Miguel.....	414 „	16.60 „	$25^{kg}.5$	
1 arrastre grande.....	Regla	1400 „	3.37 „	415 „ 5	
1 ídem ídem.....	Idem	1400 „	4.70 „	297 „ 9	
1 ídem chico.....	Idem	700 „	3 „	233 „ 3	
1 chileno.....	Idem	11040 „	9.4 „	1174	
1 ídem.....	San Miguel.....	3450 „	6 „	575 kg.	
1 ídem.....	San Antonio	2500 „	7 „	357 „	

Según D. Manuel María Contreras[1] el costo de molienda por montón en el Distrito de Real del Monte donde se emplea motor hidráulico, es de $1.08 ó $0.78 por tonelada; no sabemos cuánto se cargará por gastos de motor en estas haciendas.

En el Boletín relativo al Mineral de Pachuca vimos que el costo total de molienda era de:

$4.49	por	tonelada	en la Purísima Grande.
3.55	,,	,,	en Guadalupe.
5.79	,,	,,	en Loreto.
6.80	,,	,,	en la Purísima Chica.

Deduciendo de aquí el costo de motor resulta para los demás gastos de molienda las cantidades siguientes:

$1.78	por	tonelada	en Purísima Grande.
2 70	,,	,,	en Guadalupe.
3.36	,,	,,	en Loreto.
4.31	,,	,,	en Purísima Chica.

Vuelvo á repetir que es sumamente difícil conseguir datos económicos exactos y que por lo mismo los costos anteriores formados con datos suministrados por personas conocedoras de las condiciones en la Minería y de la metalurgia en los Distritos de Real del Monte y Pachuca son solamente aproximados.

Sólo nos resta para terminar nuestro estudio hacer público nuestro reconocimiento al Sr. Director de la Compañía de Real del Monte y Pachuca D. José de Landero y Cos por habernos facilitado, en cuanto le fué posible, los datos necesarios para nuestro estudio; así como al Sr. ingeniero D. Leonardo Sánchez, perito de la Compañía en el Distrito de Real del Monte, á los capitanes de las minas y á los administradores de las haciendas de beneficio.

1 Concentración de los minerales.—Anales de la Sociedad Humboldt.

ÍNDICE.

PRIMERA PARTE.—*E. Ordóñez.*

Páginas

Descripción topográfica y geológica..... 3
Las vetas..... 11
Descripción de las rocas..... 27

SEGUNDA PARTE.—*M. Rangel.*

Explotación de las minas..... 37

TERCERA PARTE.—METALURGIA.—*M. Rangel.*

Apuntes históricos..... 71
Haciendas de Santa María de Regla y de Sánchez..... 84
Haciendas de San Miguel y de San Antonio..... 88
Molienda..... 96

INS

PLANO TOPOGRAFICO

DE

REAL DEL MONTE

Con las pertenencias mineras y principales

Vetas del Distrito

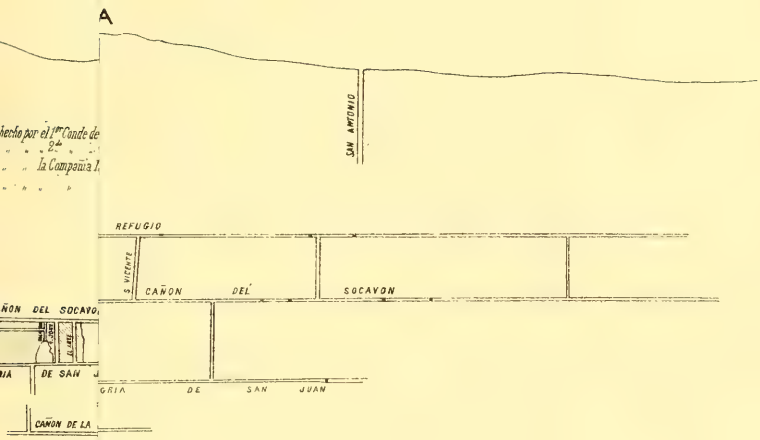
ESCALA $\frac{1}{20000}$

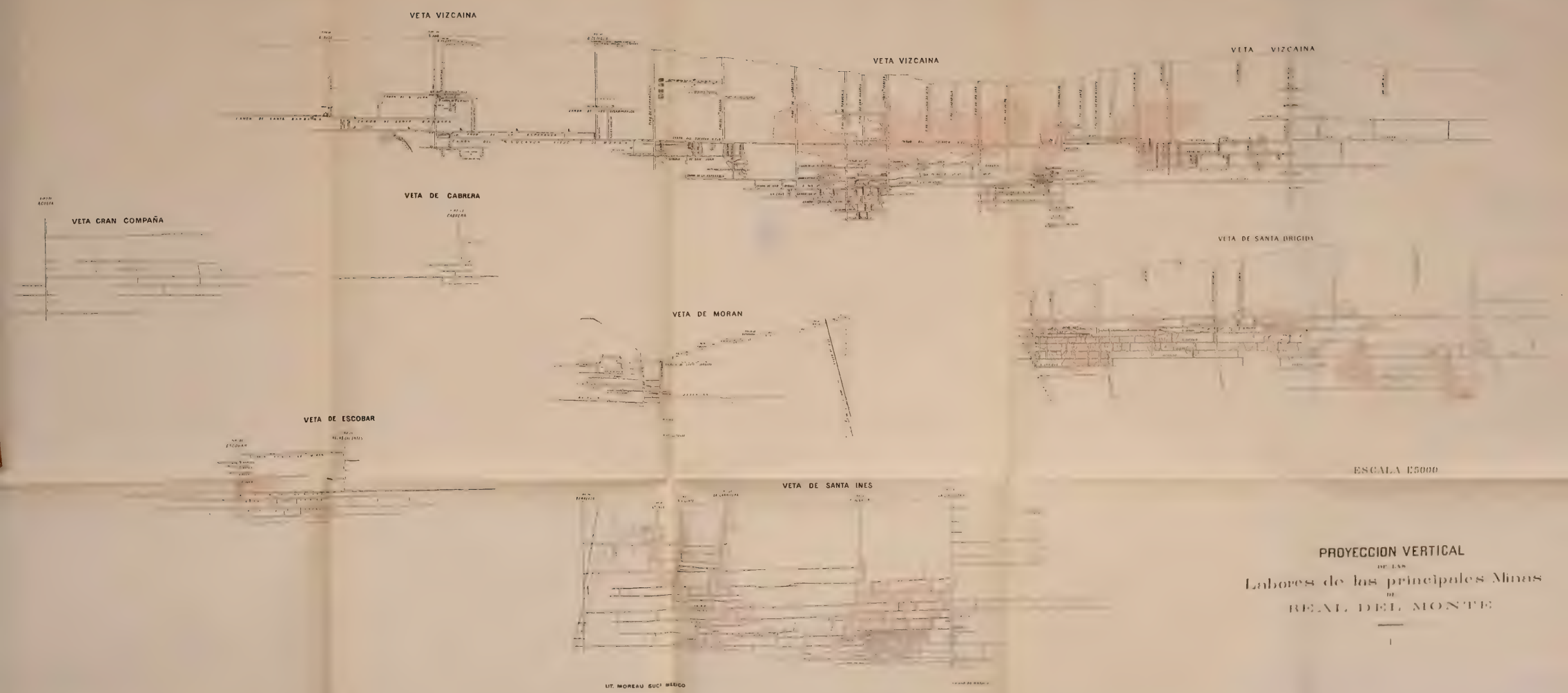
EXPLICACION

A A	—	Veta Vizcaina
B B	—	. . Santa Brigida
C C	—	. . Santa Inés
D D	—	. . Vargas
E E	—	. . Patrocinio
F F	—	. . Gran Compaña
G G	—	. . Manzano
H H	—	. . Escobar
M M	—	. . Moran
N N	—	. . San felipe
O O	—	. . Ompaquez
P P	—	. . Valenciana
Q Q	—	. . California
R R	—	. . San Luis

Equidistancia de las curvas de nivel 10 m.

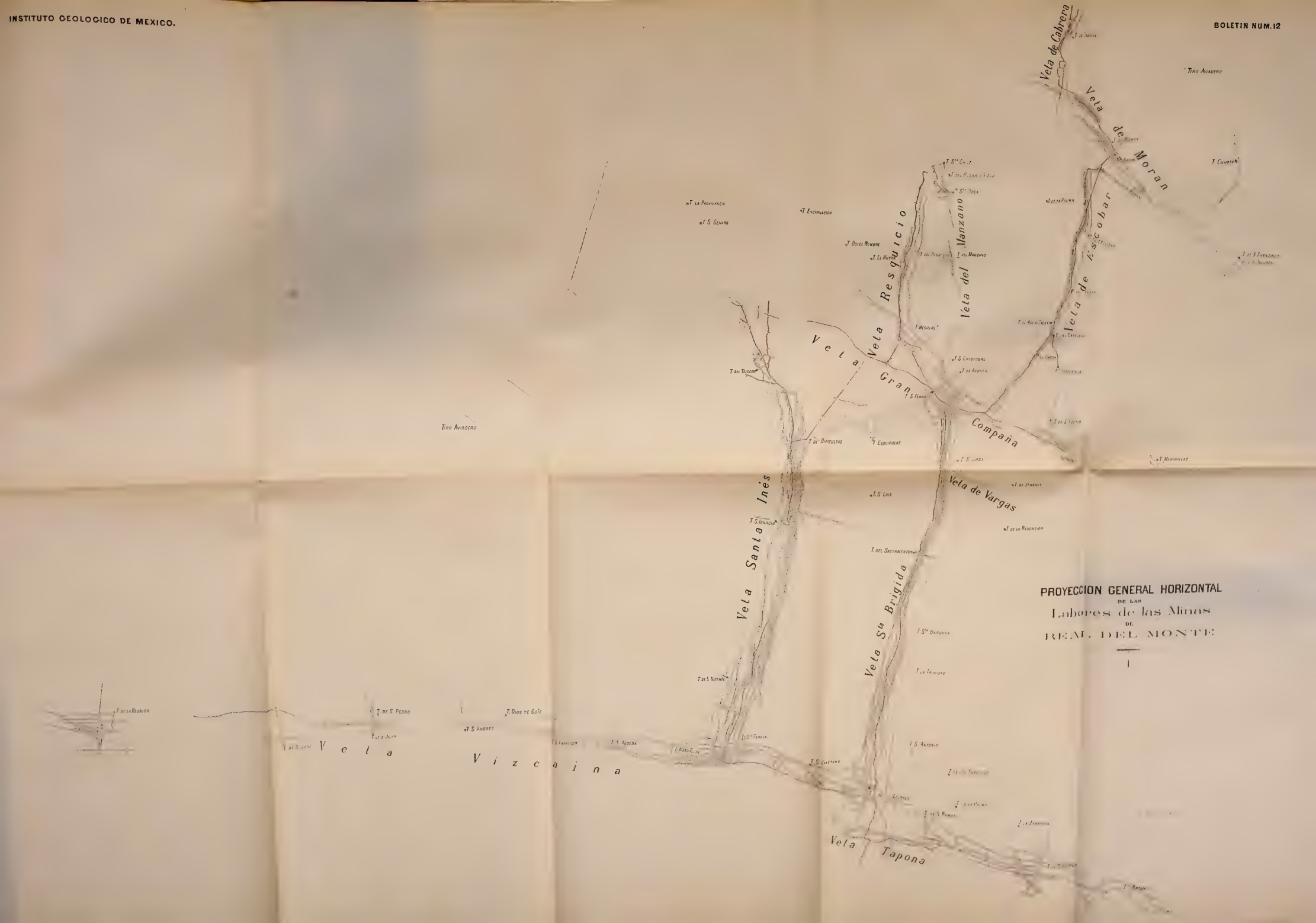
N NUM. 12.

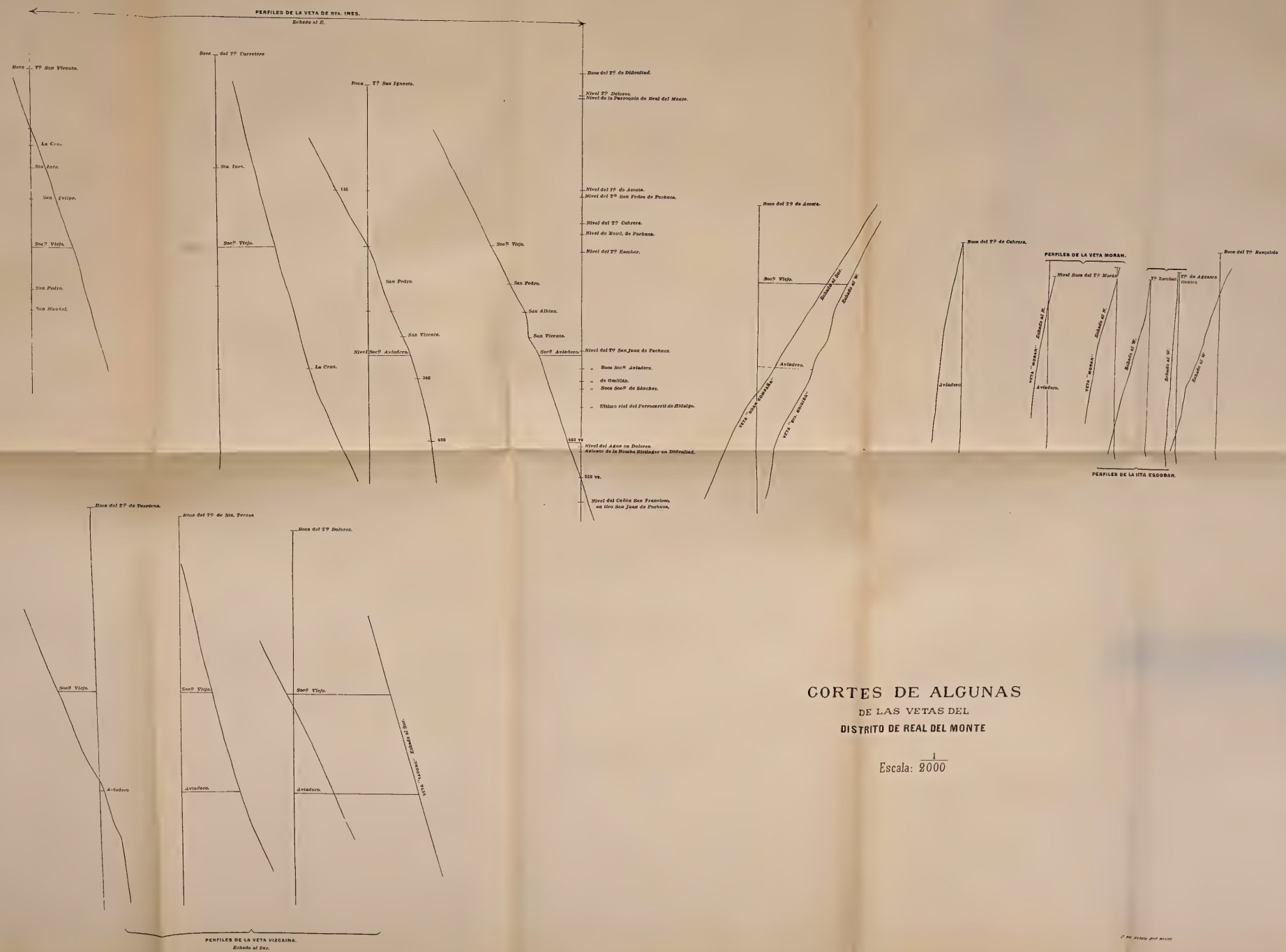




PROYECCION VERTICAL
DE LAS
Labores de las principales Minas
DE
REAL DEL MONTE

I


PROYECCION GENERAL HORIZONTAL
DE LAS
Labores de las Minas
DE
REAL DEL MONTE
Veta de Cabrera
Veta de Moran
Veta de Escobar
Veta del Manzano
Veta Resquicio
Veta Gran Compaña
Veta de Vargas
Veta Santa Inès
Veta Sta Brigida
Veta Vizcaina
Veta Tapona
Tiro Aviadero
T. Encarnacion
T. Dulce Nombre
T. Le Huya
T. Mesillas
T. S. Cristobal
T. de Acosta
T. S. Pedro
T. de Dificultad
T. Esquipulas
T. S. Luis
T. de la Redencion
T. del Sacramento
T. S. Ignacio
T. de S. Vicente
T. Dios te Guie
T. S. Andres
T. de S. Pedro
T. de la Union
T. S. Antonio
T. S. Cayetano
T. de S. Ramon



CORTES DE ALGUNAS
DE LAS VETAS DEL
DISTRITO DE REAL DEL MONTE

Escala: $\frac{1}{2000}$

SECRETARIA DE FOMENTO, COLONIZACION É INDUSTRIA.

BOLETÍN

DEL

INSTITUTO GEOLÓGICO DE MÉXICO

NUM. 13.

GEOLOGIA DE LOS ALREDEDORES DE ORIZABA

CON UN

PERFIL DE LA VERTIENTE ORIENTAL DE LA MESA CENTRAL.

MEXICO

OFICINA TIP. DE LA SECRETARIA DE FOMENTO

Calle de San Andrés número 15.

1899

BOLETIN

DEL

INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO.

Núm. 1.—Fauna Fósil de la Sierra de Catorce, por A. del Castillo y J. G. Aguilera.—1895—56 pp., 24 lám.

Núm. 2.—Las Rocas Eruptivas del S.O. de la Cuenca de México, por E. Ordóñez.—1895—46 pp., 1 lám.

Núm. 3.—La Geografía Física y la Geología de la Península de Yucatán, por C. Sapper.—1896—58 pp., 6 lám.

Núms. 4, 5 y 6.—Bosquejo Geológico de México.—1897—272 pp. 5 lám.

Núms. 7, 8 y 9.—El Mineral de Pachuca.—1897—184 pp., 14 lám.

Núm. 10.—Bibliografía Geológica y Minera de la República Mexicana, por R. Aguilar y Santillán.—1898.—158 pp.

Núm. 11.—Catálogos sistemático y geográfico de las especies mineralógicas de la República Mexicana, por José G. Aguilera.—1898.—158 pp.

Núm. 12.—El Real del Monte, por E. Ordonez y M. Rangel.—1899.—108 pp., 26 lám.

Núm. 13.—Geología de los alrededores de Orizaba, con un perfil de la vertiente oriental de la Mesa Central de México, por Emilio Böse.—1899.—54 pp. 3 lám.

EN PREPARACION:

Núm. 14.—Rhyolitas de México.

Núm. 15.—El carbón de piedra en México.

Carta Geológica detallada de la República Mexicana.

ESCALA DE 1:100,000.

HOJA N. 1: ZUMPANGO.—HOJA N. 2: PUEBLA.—HOJA N. 3: MEXICO. HOJA N. 4: APAM. HOJA N. 5: ORIZABA.—HOJA N. 6: TEHUACÁN.

INSTITUTO GEOLÓGICO DE MÉXICO.

DIRECTOR, JOSÉ G. AGUILERA.

GEOLOGÍA

DE LOS

ALREDEDORES DE ORIZABA

CON UN PERFIL DE LA

VERTIENTE ORIENTAL DE LA MESA CENTRAL DE MEXICO

POR EL

DR. EMILIO BÖSE

MEXICO

OFICINA TIPOGRAFICA DE LA SECRETARÍA DE FOMENTO

Calle de San Andrés núm 15. (Avenida Oriente, 51.)

1899

INTRODUCCIÓN.

APENAS si existe un trabajo geológico sobre México, en el cual no se hable de la configuración particular del suelo del país. La parte principal del país está compuesta, como se sabe, por una mesa que desciende lentamente al N. y que tiene pendientes más inclinadas hacia el E., el S. y el P. En realidad estas pendientes más inclinadas, llamadas por algunos erróneamente pendientes abruptas, son muy complicadas, y muestran, al menos en la costa oriental, un descenso en escalera; desde la Mesa Central los contrafuertes bajan hacia el mar. Por otra parte la Mesa Central no es de ningún modo una meseta simple; numerosas sierras, que á menudo tienen una altura considerable, recorren la llanura, y solamente los valles largos muestran un suelo plano, que ha originado el nombre de Mesa Central. La existencia de esta Mesa Central es un hecho que impresiona á cualquiera que se acerque á la Capital del país, ya sea por el lado oriental, el meridional ó el occidental, y el origen de esta Mesa Central parece ser el problema principal de la geología mexicana. Bastante aparente y seductora es á la vista de una carta geográfica la suposición de que la pendiente abrupta de los lados haya sido el resultado de fracturas, y que por consecuencia tuvo lugar, en principio solamente, un hundimiento en el S., el P, y el E., ó sea un levantamiento de la Mesa Central. Tal opinión es defendida en verdad por algunos autores como Felix y Lenk,[1] quienes partiendo de la idea puramente hipotética de que los volcanes deben estar situados sobre grandes grietas, construyen dichas grietas en el S. del país, según la situación geográfica de los volcanes principales de México. Pero una ojeada sobre la carta geológica del país[2] nos enseña que las condiciones no son del todo tan sencillas; numerosas sierras de rocas mesozoicas que se hallan en la Mesa, traen la presunción de que los

1 Beiträge zur Geologie und Palaeontologie der Republik Mexico, I. Leipzig, 1890, págs. 1–12.—Ueber die tektonischen Verhältnisse der Republik Mexico. Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 1892, pág. 303 ff.

2 Bosquejo geológico de México. Bol. d. Instituto Geológico de México, núms. 4, 5 y 6. México, 1897.

Smithsonian Institution
MAR 20 1900
National Museum

acontecimientos durante la formación de la Mesa Central eran de otra especie de lo que creen Felix y Lenk. Hablaremos más tarde de esta presencia de rocas mesozoicas. La solución del problema naturalmente no se deja alcanzar por reflexiones teóricas, sino solamente por levantamientos exactos de mapas y perfiles. Desgraciadamente estos faltan hasta ahora por completo. El Instituto Geológico de México ha comenzado desde hace poco tiempo el levantamiento de mapas en la escala de 1 : 100,000, tanto en el dominio de las masas volcánicas de la Mesa Central, como en las rocas sedimentarias de las vertientes meridional y oriental; hasta ahora ninguna de estas cartas ha sido publicada. La base topográfica nos la da el mapa de 1 : 100,000, levantado por la Comisión Geográfica Exploradora, levantamiento que, en verdad, en los detalles á menudo es defectuoso y que los miembros del Instituto Geológico mejoran en tanto cuanto es posible. Elegí como dominio de levantamiento la hoja "Orizaba" (Estado de Veracruz), que respecto á la tectónica parece ser una de las más interesantes. Esta hoja comprende la región entre el paralelo 18°31′ y el 18°53′ de lat. sept. y entre el meridiano 1°46′ y 2°16′ al E. del meridiano de México, es decir, cerca de 2120 km². De esta región he podido levantar hasta el presente el cuadrante N.W., obteniendo allí perfiles que me han dado resultados bastante interesantes.

PARTE ESTRATIGRÁFICA.

El primer esfuerzo tuvo que ser, naturalmente, obtener una separación de las rocas sedimentarias que componen la mayor parte de la montaña. Hasta hoy no ha sido posible identificar con seguridad los horizontes mexicanos con los de Europa ó de los E. U. de N. América. Se han hecho varias tentativas por diferentes autores, pero hasta ahora no han dado resultado satisfactorio. En consideración á esto, el Instituto Geológico de México ha aceptado otro plan: en atención á los caracteres paleontológicos y petrográficos debe intentarse el separar las diversas divisiones y seguirlas en grandes distancias. Estas divisiones recibirán nombres locales que serán creados por los diferentes autores y exclusivamente usados en las publicaciones del Instituto. Esto no supone de ninguna manera que estas divisiones correspondan siempre á verdaderos horizontes; el futuro solamente nos mostrará el valor estratigráfico de las diferentes divisiones, cuando mayores extensiones del país sean exploradas con más exactitud.

En la región que hemos de describir aquí y que contiene los alrededores del tramo Río Metlac—Boca del Monte del Ferrocarril Veracruz-México, se presentan solamente formaciones sedimentarias pertenecientes al sistema cretáceo. He logrado establecer tres divisiones que pueden ser distinguidas en parte por criterio paleontológico, pero en parte solamente por el carácter de la roca. Las llamo en la sucesión de arriba á abajo:

1. Calizas de Escamela.
2. Calizas de Maltrata.
3. Pizarras de Necoxtla.

Comenzaremos con la descripción de la división más baja.

1.—Pizarras de Necoxtla.

Carácter petrográfico.—La mayor parte de esta división se compone de pizarras arcillosas amarillentas, grises y rojas, con lustre de seda, en las cuales

se encuentran con alguna frecuencia segregaciones de cristales de pyrita (Cuauhtlapan, Necoxtla, Sierra de Agua). Las pizarras contienen en algunas partes mica en poca cantidad; su esquistosa estructura es muy ficil; en la desintegración las hojas se quiebran en pedazos delgados alargados en barras. En las partes superiores de las pizarras se observa un enriquecimiento en cal, y las pizarras se hacen á menudo arenáceas y algunas pasan á verdaderas areniscas, que tienen una proporción grande de cal y aun algunas veces se componen casi solamente de fragmentos calcáreos.

Lechos aislados de caliza están intercalados entre las pizarras y areniscas, reconocibles en grandes distancias. En la parte superior de la masa apizarrada se hallan también margas calcáreas grises que pasan á verdosas, muchas veces en lechos bastante gruesos (Cerro de la Escamela).

Fósiles.—Faltan completamente hasta ahora; también en otras partes de México no se les reconoce en esta división.

Espesor.—No se puede determinar en esta región porque falta la porción inferior y además las pizarras están muy plegadas.

Distribución.—Las pizarras se presentan principalmente en dos bandas ó fajas que tienen generalmente el rumbo N. 30° W.: la zona oriental se encuentra en el Rincón Grande, la occidental en Necoxtla y en la Sierra del Agua; está un poquito removida en Nogales por la gran fractura transversal del Río Blanco, de la cual hablaremos después. Más al S. se intercalan otras zonas que por hallarse fuera de la región que describimos desatendemos aquí. Se halla también una pequeña masa de pizarra en Boca del Monte, pero es posible que ésta solamente forme parte de las calizas de Maltrata, que muchas veces contienen pizarras muy parecidas á las de Necoxtla.

Edad.—Sobre la edad no se puede decir nada seguro porque faltan los fósiles completamente. Estas pizarras están sobrepuestas á las areniscas fosilíferas de Tehuacán, las cuales Aguilera llama: areniscas de Zapotitlán, éstas pertenecen en parte al Neocomiano Superior y son probablemente equivalentes al Apt.-Urgoniano. Las pizarras de Necoxtla están debajo de las calizas de Maltrata que probablemente pertenecen ya al Cenomaniano.

2.—Calizas de Maltrata.

Carácter petrográfico.—Esta división importante y á menudo bastante poderosa, se compone en su mayor parte de calizas en lechos delgados, sin fósiles, de color gris claro, gris obscuro ó negro. Las calizas contienen numerosas segregaciones de pedernal en forma de lechos. En las partes superiores se halla el pedernal en forma de nódulos ó riñones irregulares ó arredondados. En la parte inferior de las calizas se encuentran muchas veces intercaladas pizarras arcillosas, amarillas, con lustre de seda, pero éstas forman siempre solamente bancos no muy gruesos. En la parte superior, cerca del límite de las calizas de Escamela, se presentan calizas y dolomitas grises ú obscuras en bancos gruesos, cuyos estratos son apenas reconocibles. Hacia arriba siguen las calizas obscuras, compactas, que representan el paso á las

calizas de Escamela y que será mejor considerar como parte de éstas. Unas veces se encuentran sobre las dolomitas calizas con pedernal, y en este caso el limite está bastante bien marcado entre éstas y las calizas de Escamela. También en las calizas de Maltrata se encuentra la pyrita.

Fósiles.—Estos son muy raros, cerca de Sta. Catarina encontré cortes transversales de bivalvos; en la subida á Necoxtla una Nerinea nov. sp., especie que conocemos también de otras localidades, pero que hasta ahora no está descrita. El hallazgo más importante es una amonita que proviene de Alta Luz y muy probablemente es idéntica con Acanthoceras (?) Justinæ Hill,[1] especie encontrada en la división Trinity sand de Texas, que es la parte inferior del Cretáceo texano. Es lástima que el original esté menos bien conservado que el de Alta Luz, pero todos los caracteres son idénticos. La forma es discoidal con flancos planos, el ombligo es bastante estrecho, la parte exterior obtusa, la forma muy involuta. Las costillas son rectas ó muy poco sinuosas, las principales comienzan en el ombligo y se continúan sobre el borde sifonal; entre dos costillas principales se encuentran una ó dos costillas secundarias que comienzan en la mitad del flanco y pasan sobre el lado sifonal. Las líneas de sutura no son visibles.

La determinación como Acanthoceras, que proviene de Hyatt, no es de ningún modo cierta; también es posible que la forma pertenezca al género Scaphites y al grupo del Scaphites ventricosus M. y H.[2]; pero en este caso no siendo posible hacer una determinación definitiva, conservaremos provisionalmente el nombre dado por Hill.

Hasta el año de 1894 la especie se ha encontrado solamente en cuatro ejemplares en Texas, otro ejemplar existe en la colección del Instituto Geológico de México, éste proviene (según parece de la misma división de Maltrata) del Cerro Mercado cerca de Monclova, Estado de Coahuila. Es verdad que Hill dice que la amonita es de poca importancia estratigráfica, pero esto no se refiere seguramente más que á la rareza de la especie; pues donde ésta se encuentra tiene naturalmente grande importancia.

Espesor.—Las calizas con pedernal están muchas veces plegadas de manera admirable y es muy difícil la determinación del espesor que parece no ser uniforme; no creo hacer una estimación exagerada aceptando para el espesor la cifra de 600 m. En el perfil el espesor parece ser mucho más grande, pero es seguro que las calizas están quebradas por numerosas fracturas, que probablemente, de acuerdo con el hundimiento general hacia el E., causan el mismo fenómeno, aunque en escala menor en las calizas, de modo que su espesor parece ser mucho más grande de lo que es en realidad.

1. Robert T. Hill, Paleontology of the cretaceous formations of Texas. The invertebrate Paleontology of the Trinity division. Proceed. of the Biological Soc. of Washington. Vol. VIII, 1893, pág. 38 pl. VII figs. 1, 2, 3.

2 Meek, A report on the invertebrate cretaceous and tertiary fossils of the Upper Missouri County. United States Geol. Surv. of the Territories. Vol. IX, 1876, pág. 425 pl., 6 figs. 7 y 8.

Distribución.—Las calizas de Maltrata componen la masa principal de las montañas de Orizaba; podemos distinguir tres grandes bandas, á saber: de Cuauhtlapan, del Alchipin y de Maltrata. Estas tienen en general el rumbo N. 50° W. y las capas, ó tienen la inclinación hacia el P. ó están muy plegadas.

Edad.—En los alrededores de Orizaba se encuentra solamente el Acanthoceras (?) Justinæ Hill que nos da un punto de apoyo para la determinación de la edad de la división descrita aquí. Acanthoceras (?) Justinæ se encuentra en Texas en la "Trinity Division." Se refiere ésta al Cretáceo Inferior de Norteamérica; la división Trinity está situada debajo de la serie Comanche, pero por otras razones es probable que pertenezcan á la parte inferior de la serie Comanche. Tenemos que observar que la misma especie Acanthoceras (?) Justinæ se encuentra cerca de Monclova en calizas que equivalen probablemente á las calizas de Maltrata. Un apoyo importante para la determinación de la edad de las calizas de Maltrata nos lo dan las calizas de Escamela que están sobrepuestas á aquellas.

3.—Calizas de Escamela.

Carácter petrográfico.—Esta división se compone de calizas grises, claras, hasta de un gris obscuro, algunas veces mal estratificadas, otras veces en bancos muy bien discernibles. Solamente en las partes más bajas se hallan, aunque muy escasamente, segregaciones de pedernal. Intercalaciones de pizarras ó margas faltan completamente. Las calizas se asemejan en su aspecto, á menudo, á las calizas cretáceas de la Italia meridional: petrográficamente son muy uniformes y se dejan reconocer con facilidad.

Fósiles.—Estas calizas están casi siempre llenas de fósiles, pero lastimosamente éstos sólo raras veces se pueden separar de la roca empotrante. Tenemos ya una serie de especies que en su mayor parte provienen del cerro de la Escamela y del Encinal y el cerro de San Cristóbal, éstas son:

Hippurites (Vaccinites) mexicanus Barc.
Hippurites sp.
Caprotina, nov. sp.[1]

1 La especie procedente del cerro de la Escamela corresponde muy bien al ejemplar más chico de los dos que Whitfield ha descrito como Caprina Jamaicensis, y de los cuales dudo, según las ilustraciones, que pertenezcan á la misma especie. (Whitfield, R. P.—Descriptions of Species of Rudistae from the cretaceous Rocks of Jamaica, W. J. collected and presented by Mr. F. C. Nicholas.—Bull. of the American Museum of Nat. Hist. Vol. IX, 1897, pág. 192, pl. XIII, figs. 1, 2, pl. XV (?)). Desgraciadamente las ilustraciones dan una idea muy defectuosa de la especie; sobre todo falta la charnela, que tampoco está mencionada en la descripción. Según la charnela de los ejemplares de Orizaba, éstos pertenecen al género Caprotina; en la valva izquierda se encuentran dos dientes muy fuertes, que están unidos por una especie de tabique; el diente anterior es más grueso que el posterior. Si se compara nuestra especie con la ilustración de la charnela de la valva izquierda dada por Douvillé (Sur quelques formes peu connues de la Famille des Chamides. Bull. Soc. Géol. France, 3, Serie, t. XV, pág. 776, fig. 4) se ve que las fosetas denominadas 0, 0′ y 0″ son muy poco profundas,

Ichthyosarcolites cfr. occidentalis, Whit.[1]
Sphaerucaprina Felixi, G. Boehm.
—— Lenki, G. Boehm.
—— sp. (según G. Boehm).
Caprina cfr. adversa D'Orb. (según G. Boehm).
—— ramosa, G. Boehm.
—— sp. (según G. Boehm).
Ostrea, sp. nov.[2]

lo mismo pasa con la ranura del ligamento, al grado que en un ejemplar chico casi ninguna de las fosetas es visible; muy claramente se ve la impresión del músculo anterior y la lámina del músculo posterior. De la charnela de la valva derecha no he podido encontrar más que el gran diente.

Probablemente la especie presente es nueva, pero no se le puede dar un nombre antes de publicar su ilustración. No es raro en las calizas de Escamela, pero más difícilmente reconocible que los Ichthyosarcolites.

1 Whitfield l. c. pág. 193 pl. XVI, XVII.

A esta especie que yo refiero al género Ichthyosarcolites (V. Zittel, Traité de Paleontologie II, pág. 79) pueden pertenecer las piezas que he encontrado en el cerro de San Cristóbal y el Encinal. En parte mis ejemplares son aún mucho mayores que los que están figurados en el trabajo de Whitfield, pero se dejan separar de la roca empotrante difícilmente, razón por la cual no tenemos individuos completamente conservados. La superficie está cubierta de finas estrías longitudinales. La valva derecha es extraordinariamente larga, muchas veces ligeramente encorvada y en forma de cono muy agudo. La estructura característica de la concha es perfectamente discernible. La valva izquierda está enrollada espiralmente, su sección transversal es oval y corresponde muy bien á los ejemplares figurados por Whitfield en cuanto se puede decidir esto solamente por las ilustraciones.

2 He encontrado una forma muy particular que estoy inclinado á referir al género Ostrea; la especie me recordaba por su aspecto á la Pinna (?) ostreaeformis Futterer (Ueber einige Versteinerungen aus der Kreideformation der Karnischen Voralpen. Pal. Abh. v. Dames and Kayser VI, 1896, pág. 259, Taf. 38, figs. 1, 2).

Es verdad que por la comparación de las figuras dadas por Georg. Boehm (Beitrag zur Gliederung der Kreide in den Venetianer Alpen.—Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges., 1897, pág. 174, Taf. IV, figs. 1–3; Taf. V, fig. 2), las únicas que están actualmente á mi disposición, se percibe una diferencia grande. El ejemplar del cerro de San Cristóbal está mutilado, no existe más que la parte inferior de una valva; cerca de dos tercios de la valva completa; el umbon falta. En la parte media de la valva hay muchas costillas finas y ondeadas, de las cuales cada una se bifurca algunas veces. Estas costillas son discernibles en cada lámina de la valva. Pero en el borde se hallan costillas fuertes y anchas de cerca de 3 ms. en las cuales se ven claramente estrias concéntricas finas. Estas costillas son en el ejemplar que está en mi posesión, contando del borde, á lo más 4 ó 5 mm. de largas. Refiero provisionalmente la especie á Ostrea, por la estructura lamelosa de la valva.

Casualmente se encontró la especie en una lumachela de un Inoceramus gigantesco de superficie lisa con estrías concéntricas finísimas en el borde. He podido determinar este género solamente por la estructura fibrosa de las valvas; es naturalmente posible que la forma pertenezca á Pinna; pero es verdad que contra esta determinación habla la falta completa de la parte interior hojosa de la valva, mientras esta parte casi siempre falta en los Inoceramus cretáceos.

Con la verdadera Ostrea Munsoni Hill (Hill, R. T.—The Paleontology of the Cretaceous Formations of Texas. The invertebrate Fossils of the Caprina Limestone Beds.—Proceed. Biol. Soc. Washington. Vol. VIII, 1893, pág. 105, pl. XII) nuestra forma no tiene relacio-

Actaeonella (Volvulina) dolium, Roem.

Actaeonella (Cylindritella) coniformis, Roem.

Nerinea Castilloi Barc.,[1] probablemente idéntica con N. cf. forojuliensis Pir., según G. Boehm.[2]

Nerinea, sp. según G. Boehm.

Triploporella Fraasi Steinmann.
Nubecularia, sp.....
Globigerina cretácea.....
Bulimina, sp.....
} según Boehm.

Orbitolina aff. lenticularis.

Lobocarcinus, sp. nov.

Como fósil característico se podría considerar el Ichthyosarcolites cfr. occidentalis, porque esta especie se halla en todas partes en las calizas de Escamela y generalmente también algunos ejemplares se dejan sacar de la roca. Paleontológicamente interesante es el hallazgo de un cangrejo que pertenece muy probablemente á Lobocarcinus, un género poco conocido y muy raro; la especie no está descrita hasta el presente.

Espesor.—También en este caso es muy difícil determinar el espesor porque falta la parte superior, é innumerables pequeñas fracturas recorren la roca; el espesor es por lo menos de 500 á 600 m.

Distribución.—Las calizas de Escamela se presentan en tres bandas principales: 1ª el cerro de la Escamela; 2ª el cerro de San Cristóbal que se acaba en el Río Blanco hacia el N. por una fractura transversal, y 3ª la de Nogales. Una banda no continua la forman los pedazos sobre los cerros de Ortiza, del Coyote y de Necoxtla que la erosión ha separado.

Edad.—Para la edad de las calizas de Escamela tenemos dos apoyos muy importantes, á saber: la circunstancia de que están sobre las calizas de Maltrata, y el hallazgo de Actaeonella coniformis y A. dolium. Ambas especies se encuentran en Texas en la Sierra Comanche, y más exactamente en la di-

nes, pero también la especie descrita por Futterer bajo el nombre de Pinna ostreaeformis, denominada por G. Boehm Ostrea aff. Munsoni Hill, es especie diferente de la Ostrea Munsoni Hill, porque á ésta le falta la región umbonal muy alargada; la forma veneciana será una especie nueva, pero si es en realidad una Ostrea, la denominación dada por Futterer está muy mal elegida.

1 Aguilera exactamente observa en el "Bosquejo Geológico de México" (l. c.), pág. 219, que la Nerinea hieroglyphica Barc. sea idéntica con la Nerinea Castilloi Barc.; la última especie está fundada solamente en cortes longitudinales que no pasan por el eje, la primera en aquellos que pasan por el eje; se pueden encontrar ambas "especies" en el mismo ejemplar cortado oblicuamente. Heilprin propuso para la "especie" Nerinea hieroglyphica (que es el nombre de una especie jurásica confundida por Bárcena con la presente especie) el nombre de Nerinea Barcenoi. Este nombre debe ser suprimido porque la denominación N. Castilloi tiene la prioridad, si la especie es verdaderamente nueva, lo que no es cierto tampoco, como en el caso del Hippurites mexicanus, pues ambas especies están fundadas solamente en cortes naturales, sin tomar en consideración la forma exterior.

2 G. Boehm, Ueber Caprinidenkalke aus Mexico.—Zeitschr. d. Deutsch. geol. Gesellsch. 1898, pág. 330.

visión Fredericksburg. Tenemos que paralelizar las calizas de Escamela con una parte de la Serie Comanche. Esto se confirma por el hecho de que también en otras partes de México se ha encontrado una multitud de especies que pertenecen á la Serie Comanche. Volveremos á estas relaciones en el próximo capítulo.

El Cretáceo de Orizaba.

Hemos separado los sedimentos cretáceos que se encuentran cerca de Orizaba en tres divisiones: pizarras de Necoxtla, calizas de Maltrata y calizas de Escamela. Tenemos que añadir que debajo de las pizarras de Necoxtla se encuentran las pizarras y areniscas bastante gruesas, de Zapotitlán, cuya fauna está descrita en parte por Nyst y Galeotti, en parte por Felix y Lenk, mientras la mayor parte no está aún descrita. Tenemos, pues, que distinguir en todo el sistema de los sedimentos cretáceos del México meridional, una facie inferior de pizarras y areniscas y una facie superior calcárea.

Yo denomino la serie inferior pizarras de Tehuacán y la superior calizas de Orizaba. Las pizarras de Necoxtla las añado á la serie inferior por razones puramente petrográficas, porque hasta ahora la edad de la división no ha podido ser determinada por los fósiles. Las pizarras y las areniscas de Zapotitlán corresponderán al Neocomiano Superior y al Apt.–Urgoniano, según estudios provisionales de Aguilera; aquí tenemos que ocuparnos solamente de las divisiones más altas.

De las calizas de Orizaba tenemos numerosos fósiles, de los cuales se encuentra también una parte en Texas en la llamada Serie Comanche. En la lista siguiente reunimos todos los fósiles que son comunes á Texas y á México:

FÓSILES.	TEXAS SERIE COMANCHE.		MÉXICO SEPTENTRIONAL.	MÉXICO CENTRAL Y MERIDIONAL,
	División Fredericksburg.	División Washita.	Facies texana.	Facies mexicana.
Nodosaria texana Con.	—	+	—	+
Patellina texana Roem.	+	—	—	+
Trochocyathus texanus Con.	?	?	+	—
Salenia mexicana Schlüt.	?	?	+	—
Diadema texana Roem.	+	—	+	—
Cyphosoma texana Roem.	+	—	+	—
Pyrina Parryi Hall.	?	?	+	—
Toxaster texanus Roem.	+	—	+	+
Toxaster elegans Shum.	—	+	+	—
Hemiaster ? texanus Roem [1].			+	—
Ostrea carinata Lam.	—	+	—	+
Ostrea anomiaeformis Roem [2].			+	—

1 En el Austin Dallas Chalk (Black Prairie Series) de Texas; pero en México septentrional esta especie se encuentra en la división Washita.

2 En el Austin Dallas Chalk de Texas; de la misma Serie Black Prairie en el Norte de México.

FÓSILES.	TEXAS SERIE COMANCHE. División Fredericksburg.	TEXAS SERIE COMANCHE. División Washita.	MÉXICO SEPTENTRIONAL. Facies texana.	MÉXICO CENTRAL Y MERIDIONAL. Facies mexicana.
Ostrea Crenulimargo Roem.....	?	+	+	—
Ostrea cortex Con.....	+	—	+	—
Ostrea diluviana Lam.....	—	+	+	+
Gryphaea Pitcheri Mort.....	+	+	+	—
Gryphaea Pitcheri var. navia Hall.....	+	+	+	—
Gryphaea vesicularis Lam [1].....			+	—
Exogyra arietina Roem.....	—	+	+	—
Exogyra flabellata Goldfss.....	+	+	+	—
E. Matheroniana D'Orb.....	+	+	+	+
E. ponderosa Roem [2].....			+	—
E. texana Roem.....	+	+	+	—
Anomia argentaria Mort [3].....			+	—
Anomia micronema Meek [4].....			+	—
Plicatula incongrua Con. [5].....			+	+
Lima Kimballi Gabb.....	?	?	+	—
Lima Wacoensis Roem.....	+	+	+	—
Vola quinquecostata Sow. [6].....			+	—
Pecten quadricostatus Sow.....	+	+	+	—
Neithia occidentalis Con.....	+	+	+	—
Avicula pedernalis Roem.....	+	—	+	—
Inoceramus Cripsii Mant. [7].....			+	—
I. confertim-annulatus Roem [8]...			+	—
I. problematicus Schloth [9].....			+	—
Modiola pedernalis Roem.....	+	—	+	—
Trigonia crenulata Lam.....	+	?	+	+
Trigonia Emoryi Con.....	—	+	+	—
Cardita ? eminula Con.....	?	?	+	—

1 En la Serie Black Prairie de Texas; en México la especie se encuentra en numerosos ejemplares pero sólo cerca de San Luis Potosí, es decir, en un lugar donde la facies septentrional ya pasa en la meridional. ¡Aquí el fósil se halla en la división Washita!

2 En la Serie Black Prairie de Texas se encuentra también en todas las divisiones del Cretáceo de México septentrional.

3 Glauconitic beds (Black Prairie Series) en Texas; en la misma serie en México.

4 Como en la nota 2.

5 Austin Dallas Chalk en Texas; División Washita en México septentrional.

6 Glauconitic beds (Black Prairie Series) en Texas; División Washita en México septentrional.

7 Black Prairie Series en Texas; capas de transición entre la división Washita y la Serie Black Prairie en el Norte de México.

8 Como en la 6.

9 Como en la 6.

FÓSILES.	TEXAS SERIE COMANCHE.		MÉXICO SEPTENTRIONAL.	MÉXICO CENTRAL Y MERIDIONAL.
	División Fredericksburg.	División Washita.	Facies texana.	Facies mexicana.
Requienia patagiata White.....	+	—	+	+
Caprotina texana Roem.....	+	—	+	+
Monopleura texana Roem.....	+	—	—	+
Caprinula crassifibra Roem.....	+	+	+	—
Caprina texana Roem.....	+	?	+	—
Sauvagesia ? texana Roem.....	?	+	+	—
Cardium congestum Con.[1].....			+	—
Papyridea Sanctis-Sabae Roem..	?	?	+	—
Protocardia hillana Sow.....	+	+	+	+
Tapes hilgardi Shum.[2].....			+	—
Cyprimeria crassa Meek[3].....			+	—
Linearia texana Con.....	+	—	+	—
Pholadomya pedernalis Roem.[4]..	+	—	—	+
Phol. texana Con.[4].....	+?	+?	—	+
Turritella ? Leonensis Con.....	+	?	+	—
T. seriatim-granulata Roem.....	+?	+?	+	—
Natica texana Con.....	?	?	+	—
Tylostoma ? pedernalis Roem...	+	—	+	—
Tyl. ? praegrandis Roem.....	+	—	+	—
Vivipara strombiformis Schloth.	+	—	+	—
Chemnitzia ? texana Meek[5].....			+	—
Buccinopsis ? Conradi Hall.....	+	—	+	—
Volutilithes navarroensis Shum.[6]			+	—
Voluta texana Con.[6].....			+	—
Pleurotoma ? pedernalis Roem...	+?	—	+	—
Actaeonella dolium Roem.....	+	—	+	+
Actaeonella coniformis Roem.....	+	—	+	+
Tylostoma ? elevata Shum.....	+	—	+	—
Globiconcha ? planata Roem.....	+?	+?	+	—
Glob. ? tumida Shum.....	+?	—	+	—
Placenticeras Guadalupae Roem[7]			+	—

1 Glauconitic beds en Texas; división Washita en el Norte de México.

2 Probablemente en Eagle-Ford Shales en Texas (Black Prairie Series); en las divisiones Fredericksburg y Washita en México septentrional.

3 Eagle-Ford Shales en Texas; en las divisiones Fredericksburg y Washita de México septentrional.

4 También conocido en las divisiones Fredericksburg y Washita de la región de transición de las dos facies cerca de San Luis Potosí.

5 Austin Dallas Chalk en Texas; división Washita en el N. de México.

6 Parte superior de la Serie Black Prairie en Texas; lo mismo en México septentrional.

7 Austin Dallas Chalk ? en Texas; en las divisiones Fredericksburg y Washita en el Norte de México.

FÓSILES.	TEXAS SERIE COMANCHE.		MÉXICO SEPTENTRIONAL.	MEXICO CENTRAL Y MERIDIONAL.
	División Fredericksburg.	División Washita.	Facies texana.	Facies mexicana.
Placenticeras placenta De Kay.[1]			+	—
Engonoceras pedernalis v. Buch.[2]	+	—	+	—
Baculites anceps Lam.[3].....			+	—

La lista anterior necesita algunas explicaciones. Contiene todos los fósiles de los cuales hasta ahora sabemos que son comunes al Cretáceo mexicano y al de Texas. Donde se encuentra un signo de interrogación es porque no se conoce hasta ahora en qué capa de la división se halla el fósil. Donde en la columna para Texas no hay ningún signo, el fósil proviene de un horizonte más alto del Cretáceo, y en la nota se halla la explicación necesaria.

Esta lista de fósiles nos muestra algunas relaciones interesantes: prueba antes de todo que ciertos fósiles en parte muy importantes se han encontrado en Texas en horizontes más altos que en México. Muy sorprendente es esto en el caso de la Vola quinquecostata Sow. que en Texas se encuentra como declara Hill, en la parte más alta del Cretáceo, mientras proviene en el N. de México seguramente sôlo de la división Washita. En México se halla un Baculites que según Aguilera no se puede distinguir del Baculites anceps Lam.; pero proviene de la división Washita. Lo mismo es el caso con las amonitas importantes Placenticeras placenta y Pl. Guadalupae que se encuentran en México en la parte media del Cretáceo: la Serie Comanche; pero en Texas el horizonte es incierto.

De nuestra lista se infiere que en México hay dos facies, lo que se confirma por estudios geológicos, á saber: una facie septentrional que está casi conforme con la de Texas, una meridional que difiere totalmente de la texana. La septentrional tiene común con la texana, según el estado actual de nuestros conocimientos, 67 especies; la meridional solamente 16, aunque hay que considerar que en el S. de México falta la parte superior del Cretáceo, que correspondería más ó menos á la Serie de la Black Prairie. Todavía la diferencia es extraordinaria. Mientras en el S. predomina una facie calcárea, encontramos en el N. una más arenosa. Las calizas de Caprinidas del Sur de México hacen recordar las de Italia y de los Alpes meridionales. No se puede dudar que las calizas de Caprinidas del México meridional equivalen á una parte de la Serie Comanche de Texas, si bien no se puede pensar hoy en la identificación exacta de las divisiones y horizontes, ni siquiera se pueden en-

1 Glauconitic beds ? en Texas; en las divisiones Washita y Fredericksburg de México septentrional.

2 G. Boehm (Ueber Ammonites Pedernalis v. Buch.—Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 1898, págs. 183–201. Láms. V–VII) refiere esta especie al género Engonoceras; sus razones me parecen convincentes.

3 Austin Dallas Chalk en Texas; división Washita en México septentrional.

contrar los horizontes texanos en la facies septentrional de México, no obstante que ésta es tan parecida á la de Texas, que casi no es posible separarlas. Sobre la edad del Cretáceo texano se ha discutido mucho, G. Boehm[1] dice sobre este asunto: "Aehnliches Schwanken zeigt sich bei den texanischen Caprinidenkalken. Hill (Paleontology of the Cretaceous Formations of Texas.—The Invertebrate Fossils of the Caprina Limestone Beds. Proc. Biol. Soc. Washington, VIII, 1893, pág. 105) glaubt sie zum oberen Neocom oder an die Grenze von Neocom und Gault stellen zu sollen, während Heilprin (l. c. pág. 445) erklärt hatte, dass untere Kreideschichten in Texas nicht nachgewiesen seien. In neuester Zeit rechnet Douvillé (Compte-rendu sommaire des Séances de la Société géologique de France núm. 12, 1898, pág. 66) jene Rudistenkalke von Texas zum oberen Gault oder noch eher vielleicht, zum unteren Cenoman. Die Angaben von Hill im American Journal of Science, XLV, 1893, pág. 314 in der zweiten Fussnote unten beruhen auf Missverständniss."

"Die mexicanischen Caprinidenkalke haben das wechselvolle Schicksal der texanischen getheilt. Neuestens hat Douvillé (l. c. pág. 66) das Vorkommen der Gattung Schiosia bei Coalcoman festegestellt. Der Ort. liegt im pacifischen Küstenstaat Michoacan." En razón de conjunto de la fáunula, G. Boehm logra finalmente colocar las calizas de Escamela en el Cenomaniano Superior. Este resultado corresponde perfectamente con aquello que obtenía Aguilera en el estudio de la totalidad de las faunas cretáceas de México. Yo creo de mucho valor el hallazgo de Vola quinquecostata, Protocardia Hillana, Exogyra flabellata, Ostrea carinata, O. diluviana, formas que son típicas para el Cenomaniano y el Turoniano; se encuentran en México en parte en la Serie Comanche, en parte en las calizas de Orizaba equivalentes á aquella.

Significativa es también la presencia de Engonoceras, que se conoce en Europa solamente en el Cenomaniano. Es además importante para la determinación de la edad de las calizas de Orizaba, que todas las calizas de Caprinidas encontradas hasta ahora están consideradas como pertenecientes al Cenomaniano ó al Turoniano, de lo cual se ve un buen cuadro de distribución en el trabajo de G. Boehm (l. c. pág. 181 pl.).

También Johannes Boehm[2] se adhiere recientemente á la opinión aquí tomada; él pone en el Cenomaniano Engonoceras Pedernalis, E. Hilli, E. belviderense, E. Roemeri, E. Gabbi, etc., que provienen de la Serie Comanche, y en el Turoniano Engonoceras Dumblei y Eng. G. Stolleyi que se ha encontrado en la división Eagle Ford. Así se muestra más y más que todos los geólogos y paleontólogos que se ocupan de la Serie Comanche y las calizas de Orizaba se inclinan á la opinión de que éstas pertenezcan al Cenomaniano.

Según los estudios hechos hasta el presente llegamos á la separación siguiente de las divisiones:

1 G. Boehm, Ueber Caprinidenkalke aus Mexico.—Zeitschr. d. Deutschen geol. Gesellsch. 1898, pg. 331.

2 Joh. Boehm, Ueber Ammonites Pedernalis v. Buch. Zeitschr. d. Deutschen geol. Gesellsch. 1898, pág. 197 y el esquema pág. 201.

Región de Orizaba y Tehuacán. Facies de México meridional.		Texas y México septentrional.		Pisos.
Calizas de Escamela...	Calizas de Orizaba.	Washita division.....	Comanche Series.	Turoniano.
Calizas de Maltrata...		Fredericksburg division.		Cenomaniano.
		.....?.....		.....
Pizarras de Necoxtla..	Pizarras de Tehuacán.	Trinity division.....		Apt.–Urgoniano.
Pizarras y areniscas de Zapotitlán.....		.....?.....		..... Neocomiano Sup.
Pizarras calcáreas negras.				..... Neocomiano medio é inferior
				.....
Jurásico Superior ó formaciones más antiguas.				Jurásico Sup.

Debajo de las pizarras y areniscas de Zapotitlán están situadas las pizarras calcáreas negras ya descritas por mí,[1] éstas representan probablemente todo el Neocomiano medio é inferior.

Nuestra separación en divisiones naturalmente no puede ser más que provisional, porque el estudio de las faunas no ha adelantado bastante. Entretanto es seguro que las calizas de Orizaba, á saber: las calizas de Escamela y las de Maltrata corresponden á la Serie Comanche; que en los alrededores de Orizaba y probablemente en la mayor parte del S. de México se dejan distinguir tres divisiones, y finalmente, que hay dos facies diferentes en México: una meridional y otra septentrional. Esto basta ahora para la comprensión de las condiciones tectónicas de Orizaba, cuya explicación es el objeto principal de este trabajo.

Probablemente tenemos que renunciar á la identificación de capas y subdivisiones americanas con las nuestras, primeramente, porque la facies de todos los pisos de México es diferente de la de los Estados Unidos del Norte, con excepción de la menor parte del México septentrional, cuya facie es parecida á la de Texas; en segundo lugar, es aún muy incierto si todas aquellas divisiones y "beds" representan verdaderos horizontes, al menos parece que faltan fósiles realmente característicos. Será probablemente necesario reunir

1 Böse, Ueber Lias in Mexico.—Zeitschr d. Deutsch. Geol. Ges. 1898, pg. 174.

con el tiempo una multitud de "beds" en uno ó en algunos horizontes; la mayor parte de los "beds" tendrá solamente un valor local. Esto será también la razón por qué la separación de los pisos cambia casi cada año, con lo cual en Texas sólo las divisiones Washita y Fredericksburg quedan estables, mientras cada vez cambia el número de sus "beds" y subdivisiones. Para convencerse de la exactitud de estas observaciones compárense los nuevos trabajos de Robert T. Hill[1] y J. A. Taff[2] sobre el Cretáceo texano. No podemos poner nada al lado de los beds allí descritos, al menos en el S. de México, porque por ejemplo, en las calizas de Escamela, en todos los beds, los fósiles principales serían los mismos, solamente que se encuentran en diferente asociación, lo que es también el caso en el Cretáceo texano.

1 Robert T. Hill, A preliminary annotated check list of the cretaceous invertebrate fossils of Texas, Bull. Geol. Surv. of Texas, num. 4, Austin, 1898, pg. IX, XIV ff.

2 J. A. Taff, Reports on the cretaceous area north of the Colorado River, Third Annual Report of the Geol. Surv. of Texas, 1891, Austin, 1892, pgs. 269–279.

J. A. Taff, Report on the cretaceous area north of the Colorado River. Fourth Annual Report of the Geol. Surv. of Texas, 1892, Austin, 1893, pgs. 244–308.

LAS CONDICIONES TECTÓNICAS.

Nuestro perfil sigue en general el curso del río Blanco, pero hacemos ver tanto el lado septentrional como el meridional del Valle. Comenzamos con la descripción de la parte oriental. El río Metlac proviene de un valle que nace del Pico de Orizaba y recorre la llanura de Córdoba. Mientras corta en su parte septentrional, principalmente los conglomerados modernos de la llanura mencionada, por ejemplo, en la muy celebrada barranca de Metlac, más al S. el río Metlac corta algunas cordilleras que forman el borde occidental de la llanura de Córdoba. Estos cerros se componen de calizas de Maltrata que aquí están muy plegadas, de manera que se cree algunas veces que las capas están verticales, cuando en verdad están plegadas en zig–zag. Nos ocupamos aquí solamente de los cerros que están situados al N. del río Blanco. Este se reune en Tzapoapan con el río Metlac, cambiando marcadamente su dirección en el punto de reunión y no corre más al E. sino siguiendo el borde de la montaña al S.E. El grupo de cerros que el río Blanco corta hacia el S. está limitado hacia el W. y el N.W. por el valle bastante plano de Orizaba, de modo que este grupo de cerros no tiene conexión inmediata con las sierras al W. de Orizaba. El cerro más alto, cuya altura es de 1,350 metros sobre el mar, se llama cerro de Chicahuaxtla, éste se compone completamente de calizas de Maltrata, que forman aquí bancos bastante gruesos, desprovistos casi totalmente de fósiles. Las capas están aparentemente casi verticales, pero están en verdad plegadas en zig–zag como se ha dicho más arriba. Al W. se junta con el cerro de Chicahuaxtla una sierra, que se compone de las pizarras de Necoxtla plegadas variadamente, en las cuales están intercaladas en el lado oriental de la sierra algunos bancos calcáreos gruesos. Estas pizarras de Necoxtla están puestas en conexión con las calizas de Maltrata por una fractura, en la barranca se ve muy bien el encorvamiento por arrastre (Schleppung, retroussement, bending) de las capas en el plano de la falla. Las calizas de Maltrata tienen aquí en general el rumbo N. 40° W. y la inclinación al S.W. Si seguimos las calizas en su rumbo, pasamos por la depre-

sión de Cuauhtlapan y llegamos otra vez á una sierra formada por calizas de Maltrata que desaparecen hacia el N. en la llanura de Orizaba y Córdoba, varias veces mencionada. En esta sierra encontramos solamente pocos restos de las pizarras de Necoxtla adyacentes discordantemente; pero también aquí la fractura es bastante bien evidente. Hacia el S. las pizarras son mucho más poderosas; se extienden hasta sobre el Río Blanco que allí, en una cascada grandiosa, muy visitada por excursionistas, llamada el Rincón Grande, salta sobre las pizarras en una barranca estrecha y profunda. Las pizarras están muy plegadas, particularmente en la subida desde Tuxpango á la hacienda de Escamela. Allí las pizarras no tienen el color amarillento general, ni el lustre de seda en los planos de las capas, sino son á menudo grises y hasta negras, calcáreas y apizarradas, en hojas menos delgadas, de modo que parecen aquellas pizarras calcáreas que encontré en la barranca de la Calera, directamente sobre el Jurásico.[1] Al otro lado del Rincón Grande, las pizarras de Necoxtla están cubiertas de modo normal por las calizas de Maltrata muy silizosas y en bancos delgados, y éstas por su parte están cubiertas por calizas de Escamela muy fosilíferas. Estas se pueden observar bien siguiendo el nuevo cañón que conduce hacia San Juan del Río.

Mientras que observamos aquí una serie normal de sedimentos, encontramos, yendo en el rumbo de las capas hacia el N., condiciones un poco diversas. Si se va desde la sierra, al N.E. de la depresión de Cuauhtlapan, hacia el P., se entra en un valle ancho y plano cuya superficie se compone en su mayor parte de toba caliza, más abajo, de conglomerados recientes ó ya de edad cuaternaria. Por esta toba caliza el pueblo de Ixtaczoquitlán ha recibido su nombre, que quiere decir "lugar del lodo blanco," á saber, el que se forma del desgaste de la toba calcárea. En el N. de esta planicie se eleva el grupo del cerro de la Escamela, masa aparentemente compuesta de un material completamente homogéneo y que se compone en realidad de tres bandas diferentes: en el E. se halla una banda de calizas de Escamela con rumbo N. 30° W. é inclinación de 45° al S.W., que han recibido su nombre de este cerro; después sigue hacia el W. una banda estrecha de pizarras de Necoxtla muy plegadas, pero en general teniendo la inclinación hacia el W.; la última parte más al W. del cerro se compone también de calizas de Escamela que están casi perpendiculares, pero siempre con inclinación hacia el W., rumbo N. 40° W. En esta parte de las calizas se hallan diversas canteras. La caliza de Escamela admite un pulimento muy hermoso y se usa con preferencia como mármol para edificios de lujo, monumentos, etc. Los cortes tranversales de los fósiles dan á este mármol un dibujo especial, de modo que se asemeja por el aspecto al Dachsteinkalk transformado en losas de los Alpes y de las calizas cretáceas empleadas de la misma manera en la Italia meridional. En las canteras del cerro de la Escamela se encuentran numerosos fósiles, pero en pocos casos es posible sacarlos de la roca; los más frecuentes son Hippurites, formas parecidas á Caprinas ó Caprotinas, Ichthyosarcolites y Nerineas.

1 Böse, Ueber Lias in Mexico.—Zeitschrift. d. Deutsch. Geol. Ges. 1898, pg. 174.

Al S.E. del pie del cerro de la Escamela se halla un manantial que forma un arroyo que proviene de las calizas de Escamela. Este fenómeno es bastante frecuente en los alrededores de Orizaba; tales manantiales se denominan "Ojo de agua;" estos forman generalmente una cavidad pequeña al pie del cerro de la cual sale un arroyo abundante; volveremos después á este fenómeno que está en conexión con los numerosos ríos subterráneos.

Yendo del cerro de la Escamela más al W. encontramos otra vez un valle ancho y plano que desciende del Pico de Orizaba (Citlaltépetl). El fondo del valle consiste casi exclusivamente de pedruzcos eruptivos y arenas volcánicas. En el punto de reunión de este valle con el del Río Blanco está situada la ciudad muy antigua de Orizaba, ya conocida por Cortés.

Al W. de la ciudad se levanta el cerro del Borrego. Este consiste en su parte meridional, casi completamente de calizas negras, silizosas, con zonas delgadas de pizarra; estas calizas tienen el rumbo N. 30° W. y se inclinan bajo un ángulo de 65° hacia el S.W. Algunos viajeros americanos como Scudder han tenido estas calizas por paleozoicas, pero solamente por su carácter petrográfico. Ya Heilprin[1] dice: "I found no fossils in this rock and I suspect that it belongs to a somewhat different horizon from that of the gray marbles of the cerro de Escamela, but I could not absolutely satisfy myself as to its true relations." Los fósiles son verdaderamente muy raros allí; pero en intercalaciones de calizas arenosas se encuentran cortes de Caprotinidas. Las calizas del cerro del Borrego son verdaderas calizas de Maltrata. Oblicuamente á la dirección de la sierra, el cerro del Borrego está recorrido por una línea de fractura con el rumbo N.–S. Al W. de esta línea hay las mismas calizas de Maltrata pero con el rumbo N. 25° W. y la inclinación 30° N.E. En la parte septentrional del cerro esta línea de fractura se deja reconocer difícilmente y en pocos lugares, porque casi todas las pendientes están cubiertas de una vegetación tropical densa. Siguiendo hacia el W. se ve que la inclinación de las capas pronto cambia otra vez, aquí vemos el rumbo N. 30° W. y la inclinación 20° S.W. Desde aquí queda constante el rumbo hasta Nogales, solamente que la inclinación se hace más rápida hacia el W. Las calizas de Maltrata componen una sierra alta que en el W. se junta con el Alchipín. Antes de Santa Catarina se hallan solamente calizas en lechos delgados con segregaciones de pedernal. Fósiles son muy raros y solamente se encuentran á veces cortes de bivalvos. Estas calizas en lechos delgados están cubiertas por una masa dolomítica de un espesor no muy grande, sobre la cual, en la región de Santa Catarina, hay una masa de calizas grises compactas. Sobre éstas encontramos otra vez las calizas silizosas en lechos delgados que contienen en Tenango también capas delgadas de pizarras amarillentas de lustre de seda.

En Tenango desciende un valle que comienza entre el Alchipín y el cerro

1 The Geology and Paleontology of the cretaceous deposits of Mexico.—Proc. Acad. Nat. Sc. Philadelphia, 1890, pg. 462.

ya mencionado, que se compone de calizas de Maltrata y alcanza una altura de cerca de 2,400 metros. Al W. del origen del valle existen acantilados gigantescos de rocas en el lado del Alchipín; estos acantilados caracterizan el principio de las calizas de Escamela que aquí yacen normalmente sobre las calizas de Maltrata. Toda esta serie de rocas se continúa hasta el borde de la Mesa Central, donde está cubierta por las rocas eruptivas y las areniscas volvánicas del Pico de Orizaba. Volveremos después á estas calizas de Escamela. Las calizas de Maltrata tienen aquí aparentemente un espesor extraordinario, pero supongo que las calizas se hunden en escalera hacia el E., tales fracturas pequeñas se pueden mostrar raras veces ó nunca por la cubierta densa de vegetación. Antes de ocuparnos más con esta parte del perfil, describiremos el lado meridional del Río Blanco.

Al S. de Orizaba está el cerro de San Cristóbal. En el lado septentrional de este cerro no se puede ver casi nada por la vegetación; pero el lado meridional está perfectamente desnudo y solamente cubierto de zacate y bosques aislados. Entre Xalapilla y Tlilapan reconocemos que el rumbo de las capas se desvía totalmente del de la montaña antes descrita, siendo el rumbo aquí N. 70° W.; los estratos forman un anticlinal cuyo flanco septentrional está mucho menos descubierto que el meridional. Este anticlinal consiste en su mayor parte de calizas de Escamela muy fosilíferas que están sobre calizas de Maltrata. El flanco meridional del anticlinal se deja seguir hacia el E. en la montaña de San Juan del Río, el septentrional no parece estar descubierto en distancia mayor. Al S.W. del cerro de San Cristóbal está limitado el anticlinal por discordancia en parte con pizarras de Necoxtla, en parte con calizas de Maltrata. Las calizas de Maltrata que componen el cerro de Huiloapan se inclinan hacia el S.W., y al W. de Tlilapan se presenta bajo estas calizas una pequeña parte de pizarras de Necoxtla. Estas rocas están cortadas por una fractura con el rumbo casi de E.–W., de manera que en el E. las pizarras de Necoxtla y en el W. las calizas de Maltrata están en conexión con las calizas de Escamela del cerro de San Cristóbal.

Lastimosamente por la vegetación densa no se puede reconocer qué dislocaciones hay en el cerro de Huiloapan, en todo caso el cerro consta de calizas de Maltrata. Subiendo de Huiloapan hacia el S.W. por una de las barrancas profundamente cortadas, se ve en la salida del valle un poco arriba de Huiloapan, calizas silizosas sobre las cuales ya en gran altura yacen calizas dolomíticas de un espesor no muy grande. Siguen calizas compactas de color gris azulado sin fósiles que sucesivamente pasan á verdaderas calizas de Escamela. En el valle de Santa Rosa, en el cual va el camino principal para Necoxtla, están las pizarras de Necoxtla sobre las calizas de Escamela, á causa de una falla inversa. Desgraciadamente sólo la parte superior de las pizarras de Necoxtla es visible aquí, pero la sobreposición por calizas de Maltrata en el lado occidental es muy claramente discernible. El lugar donde se ve mejor la sobreposición se encuentra cerca de Santa Rosa, allí hay calizas de Escamela y siguen hacia el W. las pizarras de Necoxtla, de esta manera:

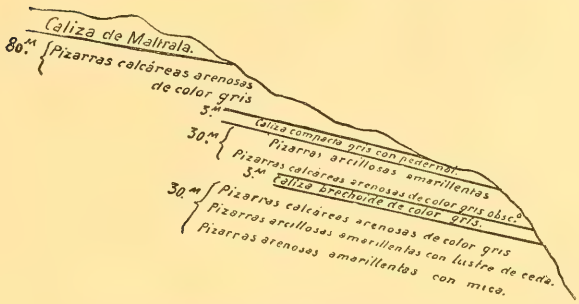


Fig. núm 1.—Entre Necoxtla y Santa Rosa.

Corte estratigráfico de la parte superior de las pizarras de Necoxtla.

En la parte inferior se encuentran pizarras arenosas, amarillentas, con mica, que en su aspecto se asemejan á las pizarras del Potrero.[1] Sobre éstas vemos pizarras amarillentas con lustre de seda y otras de color gris claro; siguen pizarras calcáreas grises muy arcillosas y de un grano muy fino. Sobre éstas se halla un banco grueso de caliza gris brechoide sin fósiles; sobre éste otra vez pizarras calcáreas arenosas de un color gris obscuro, muy semejantes á las mencionadas antes, y sobre éstas las pizarras amarillentas, en parte con lustre de seda. Sigue otro banco de caliza gris con segregaciones de pedernal y sobre éste pizarras calcáreas arenosas grises de un grano más grueso, bastante poderosas, y una especie de arenisca calcárea en lechos delgados. Todos estos sedimentos desgraciadamente no tienen ningún fósil; sobre esta serie yacen las calizas de Maltrata. La tierra de desgaste de las pizarras de Necoxtla da una especie de arcilla plástica usada por los indios para la fabricación de grandes jarros.

Solamente en pocos lugares se ve en la subida á Necoxtla que la fractura es una falla inversa, cuyo plano está inclinado hacia el W. Se puede seguir la línea de fractura en una grande distancia hacia el S.; es una de las grietas longitudinales más importantes de toda la región; la encontraremos también en el lado septentrional del valle donde está un poco dislocada por la fractura transversal en el valle del Río Blanco.

Yendo de Necoxtla, que está ya casi sobre la falla inversa, hacia el W., pasamos un pequeño valle en forma de concha, formado de calizas de Maltrata que hacia el S. están cubiertas por calizas de Escamela con muchísimos fósiles. Bajando después más hacia el W. se ve que en el valle que desciende hacia Ojo Zarco las calizas de Maltrata están muy plegadas, pero en pliegues que son bastante grandes; solamente más al W. comienzan los pequeños pliegues, de los cuales unos están empujados sobre los otros y que serán descritos después.

1 Böse, Ueber Lias in Mexico, pág. 175.

Volvamos á la descripción del lado septentrional del valle del Río Blanco. Subiendo desde Tenango se encuentran numerosos pedruzcos eruptivos, principalmente de basalto que provienen probablemente de un dique que debe existir debajo del puerto; es lástima que no me haya sido posible hasta ahora descubrir la situación exacta del dique, porque el valle es muy difícilmente accesible. Al W. de Tenango comienzan las calizas de Escamela, como ya lo hemos mencionado; forman el fondo del valle que desciende de la Sierra de Agua. Las calizas de Escamela se dejan seguir en el valle del Río Blanco, casi hasta la hacienda del Encinal, que está al otro lado de Nogales; también allí hay grandes canteras de mármol. En Nogales y justamente cerca de la iglesia asoma una cantera de la parte superior de las calizas de Maltrata, pero solamente en un espesor de pocos metros. Siguiendo el nuevo camino carretero para acarreo de leña que conduce á la Sierra del Agua, se sube mucho tiempo en calizas de Escamela extraordinariamente fosilíferas. Donde el camino hace una gran vuelta hacia el W. en la falda del cerro de la Escuela se encuentran las margas y pizarras de la división Necoxtla. Aquí ésta consiste principalmente en pizarras arcillosas, amarillentas, con lustre de seda y margas calcáreas, verdosas, duras. Las margas se inclinan como las calizas de Escamela, hacia el W., con rumbo N. 15° W. Donde el camino entra otra vez en las calizas tienen éstas el rumbo N.–S. y se inclinan bajo un ángulo de 30° hacia el E. En el cerro de la Escuela la caliza tiene el rumbo E.–W. y se inclina bajo 30° hacia el S. Tenemos aquí, pues, un terreno muy quebrado cuya tectónica detallada se podría representar gráficamente sólo en una escala muy grande. Las diferencias en el rumbo de las capas son causadas por pequeñas fracturas transversales.

Siguiendo las calizas de Escamela en el fondo de la barranca se encuentra que pasan también al lado occidental y que las pizarras de Necoxtla son empujadas sobre las calizas; la falla inversa es aquí muy clara y se puede seguir fácilmente; es la misma línea de dislocación que hemos reconocido en Necoxtla, solamente que la fractura está dislocada una vez al E. en Nogales y otra vez al W. en el cerro de la Escuela y su dirección se aproxima aquí más al rumbo N.–S. mientras en Necoxtla es casi N.W.–S.E. Al W. del cerro de la Escuela encontramos otra vez las pizarras de Necoxtla, componiéndose principalmente de pizarras arcillosas de color gris y amarillento, con lustre de seda, pero hay también más arriba las margas calcáreas grises con rumbo N. 20° W., é inclinación de 30° W. Siguiendo el camino carretero se observa en la cresta del cerro la sobreposición por calizas silizosas. Después vuelve el camino otra vez en las pizarras de Necoxtla que aquí gradualmente adquieren un espesor más considerable. Encontramos aquí también como en Santa Rosa bancos de caliza intercalados; sobre éstos se levantan aún cerros compuestos de las pizarras amarillentas con lustre de seda. Encima de éstas están situadas las calizas de Maltrata que están cubiertas solamente en los cerros más altos, como el cerro del Coyote y el cerro de La Ortiga, por pequeños parches de calizas de Escamela. Cuanto más nos acercamos á la hacienda de

la Sierra de Agua, tanto más poderosa se hace la zona de pizarras. Aunque los afloramientos no son buenos en todas partes, la tierra de desgaste nos muestra que entre la serie de cumbres del cerro de la Ortiga, cerro del Coyote, etc., y las calizas de la barranca que desciende de la Sierra de Agua, hay exclusivamente pizarras de Necoxtla.

Siguiendo otra vez el camino á la Sierra de Agua nos quedamos hasta una grandiosa garganta llamada Boca del Toro, en pizarras de Necoxtla con intercalados bancos de calizas sin fósiles. En Boca del Toro el camino entra en las calizas de Escamela de la falla inversa. Esta barranca con sus acantilados poderosos no es una sencilla barranca de erosión; las paredes están formadas por planos paralelos de fracturas, y á la primer ojeada se podría pensar que la barranca es uno de aquellos valles de agrietamiento de los cuales se hablaba mucho en el principio y hasta á mediados de este siglo. En verdad existen numerosas fracturas paralelas entre las cuales el material ha sido removido en parte por la fuerza del agua. Es sorprendente el hecho de que toda la barranca está cortada en las calizas de Escamela; si el valle hubiese sido formado sólo por erosión, el thalveg habría seguido con seguridad las pizarras mucho más blandas. Me explico el caso de la manera siguiente:

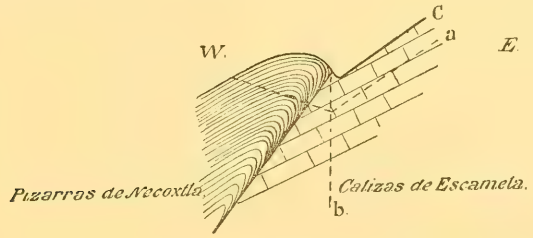


Fig. núm. 2.—Boca del Toro.

a, Perfil actual. b, Línea que indica la dirección del trabajo de la erosión. c, Perfil á principios del trabajo de la erosión.

Por la falla inversa se formaba seguramente un canal (línea c) que el agua recorría entre las pizarras y las calizas; pero trabajaba después en sentido vertical siguiendo la línea b, de modo que en la parte superior del valle se formaba la línea del perfil actual a. El thalveg se ha desviado de la línea de fractura hacia el E., y cuanto más profundamente cortado está el valle, tanto más lejos se halla el thalveg de la falla inversa; por esto en la carta, thalveg y falla están considerablemente divergentes.

Otra circunstancia curiosa es que en parte de la barranca no corre agua, pero que el arroyo tiene un álveo subterráneo. Volveremos á este fenómeno en un capítulo especial, porque tiene gran importancia para una parte del S. de México.

Donde el valle llega á la hacienda de la Sierra de Agua desaparecen los sedimentos debajo de los conglomerados y arenas volcánicas de la Mesa Cen-

tral más estrictamente del Pico de Orizaba. Estos conglomerados, etc., cubren todo el terreno al N.E. del cerro del Coyote. Al E. de la Sierra de Agua se extienden las poderosas calizas de Escamela y de Maltrata que forman la continuación del Alchipín y del cerro del Borrego; también éstas desaparecen hacia el N. debajo de los productos volcánicos.

Volveremos á Nogales. Allí encontramos cerca de la iglesia calizas de Maltrata de poco espesor con pizarras intercaladas y sobre aquellas concordantemente, calizas de Escamela extraordinariamente fosilíferas. De entre éstas sale un arroyo muy abundante de un Ojo de Agua en forma de estanque, aquí llamado laguna. Entre Nogales y la hacienda del Encinal situada al W. se encuentra un pequeño dique de basalto, en el Encinal mismo sigue un dique mayor de basalto que está en el lugar donde la falla inversa debía encontrar al valle del Río Blanco, pero el dique seguramente no tiene ninguna relación con esta línea de dislocación, porque la falla inversa no causa grietas sino compresión en la roca. Supongo que el dique sale exactamente en el punto donde las fracturas transversales del cerro de la Escuela cortan á la falla inversa, y que el basalto llega al valle por mero rebozamiento. Más al W. encontramos otra vez las calizas de Maltrata con insignificantes restos de una cubierta de calizas de Escamela fosilíferas. Estas calizas de Maltrata son la continuación de las que encontramos en el camino á la Sierra de Agua. Las calizas de Maltrata componen toda la montaña hasta la depresión de Maltrata. Mientras que las calizas en el cerro de la Ortiga y su continuación están poco plegadas y se inclinan constantemente hacia el W., más al W. muestran un plegamiento considerable. Tenemos que mencionar que en Zapotl y en Calera existen tobas volcánicas modernas de un espesor no muy considerable.

El ferrocarril de Veracruz al cual seguimos en general con nuestro corte, sale en Nogales del valle principal del Río Blanco y entra en un valle secundario. Mientras el primero tiene su continuación al S.W., tiene el valle secundario un rumbo E.–W. En Maltrata el ferrocarril abandona también este valle para desviar sobre La Bota y Alta Luz en curva poderosa hacia el N. y alcanzar de esta manera la altura de la Mesa Central en Boca del Monte.

Entre el valle que sigue el ferrocarril y el valle del Río Blanco, se levanta el grupo montañoso de Cuxtitlán. Este consiste de una cresta alta que proviene de la Mesa Central y se bifurca al E. de Cuxtitlán en dos bandas, entre las cuales está situado un valle profundo. Todo este grupo consta de calizas de Maltrata con excepción de un pequeño dique de basalto en la depresión, cerca de la ranchería de Cuxtitlán. Mientras el material es homogéneo, la tectónica es sorprendentemente diversa. En toda la parte oriental del grupo las capas tienen el rumbo N. 15° W. y se inclinan bajo un ángulo de 20–35° hacia el W. Esta inclinación uniforme se puede observar hacia el W. hasta el llamado Infiernillo del ferrocarril veracruzano. Allí la parte con estratificación uniforme está cortada como con un cuchillo y las capas se hallan

Fig. 1. BARRANCA DE MALTRATA.
Pliegues en zigzag oblicuos en las calizas de Maltrata.

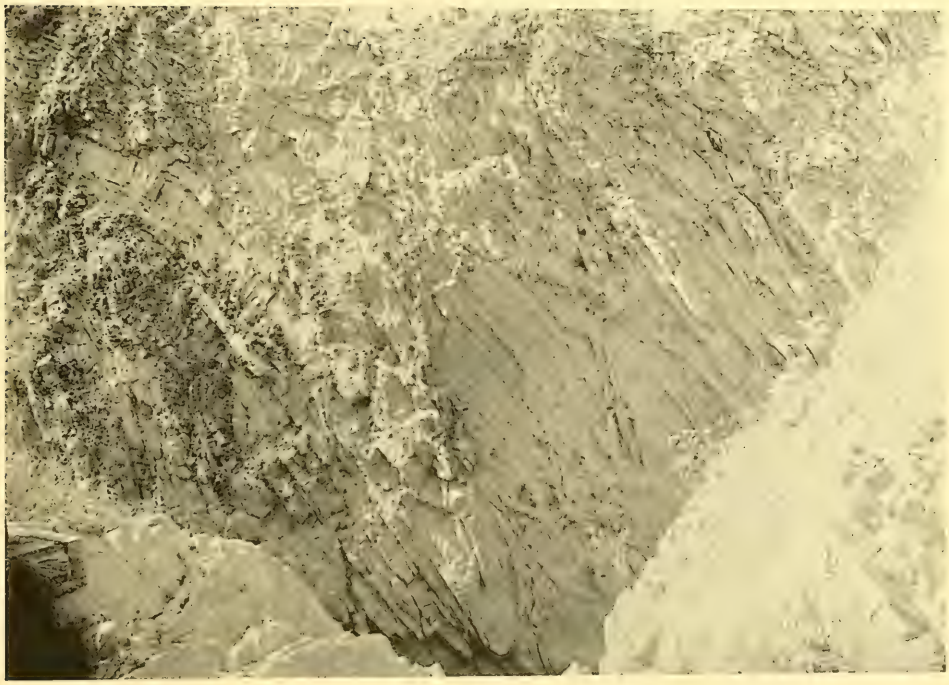


Fig. 2. BARRANCA DE MALTRATA.
Pliegues en zigzag oblicuos en las calizas de Maltrata; detalle de un acantilado grande.

plegadas de manera sorprendente y particular. La grandeza del fenómeno la indican las palabras siguientes de Heilprim (loc. cit. pg. 462 p. p.): "Between Orizaba and the eastern crest of the plateau the limestones, rising higher and higher, are exposed in almost continuous section. In the deep gorge of the Infierno below Maltrata, the shattered and contorted beds form a wonderful exhibit, and bear witness to the tremendous strains that were impressed upon the rock-masses at the time of their uplifting. It seems to me probable that the mountains about here have suffered secondary dislocation, having been warped and twisted from a primal position, through successive volcanic squeezes and discharges. Along the northern face of the gorge heavy beds of lava, representing probably an early discharge from the Sierra Negra, rest directly upon the limestone, which appears, however, to have suffered but little alteration through contact with the igneous mass. Above Maltrata the rockfractures and dislocations follow rapidly on one another, and in short intervals the beds assume all positions and revertions. No more magnificent display of mountain architecture can be conceived than that which is presented in the steep upper face of the plateau scarpe. In some places, as at Alta Luz, the strata become "flaggy" and appear in thin shales verging on to slates. Possibly it is some of this rock, having a clearly ancient look, which geologists have from time to time considered as being Palaeozoic. Dollfuss mentions the ocurrence of palaeozoic strata near the Boca del Monte, but I failed to find any such outcrop; and I am certain that the series of Palaeozoic strata, from the Carboniferous to the Silurian, which Packard (American Naturalist XX p. 122) mentions as outcropping between the eastern crest of the great central plateau and the basal plain does not exist."

Qué diferencia entre esta descripción entusiasta y las palabras de Felix y Lenk que pretenden que estos pliegues sean secundarios y poco importantes Las ilustraciones (lám. 1) que acompañan á este trabajo muestran dos lugares en la gran barranca de Maltrata; desgraciadamente no era posible fotografiar más que pequeñas partes porque la barranca es muy estrecha y difícilmente accesible fuera del tramo del ferrocarril; pero toda la barranca muestra en una longitud de más de dos kil. continuamente los mismos pliegues. Donde el agua no ha formado acantilados no se observa nada de los pliegues, porque la inclinación es siempre hacia el W. (con pocas excepciones) y no se podría inducir de los pequeños afloramientos un plegamiento tan complicado. En verdad, toda la montaña hacia el W. está plegada de tal manera como nos lo enseñan los cortes y rebajes hechos por el ferrocarril veracruzano. Es sorprendente la forma de los pliegues que es siempre la misma en una extensión de 10 kil. transversales al rumbo de los estratos. Son siempre los mismos pliegues pequeños, oblicuos, que constituyen un gran sistema de pliegues paralelos oblicuos geniculados. Esta especie de plegamiento comienza en una línea determinada corriendo del N.W. al S.E.; circunstancia que debe parecer particular á la primera vista. Mientras la fig. 1 de la lámina 1 nos da la vista de un gran acantilado, la fig. 2 nos muestra detalles de otro acantillado mayor.

En todas partes se puede ver en estos pliegues que los estratos tienen su espesor normal en el punto de doblamiento; no se puede ver ninguna deformación por tensión ó estiramiento ni en el punto de doblamiento ni en el flanco medio. Hay fracturas solamente en muy pocos lugares, pero no pasan paralelamente á la dirección de los pliegues sino que atraviesan á los pliegues; es cierto, pues, que no se les puede considerar como producto del estiramiento de los flancos medios. La roca no se ha mostrado plástica en el procedimiento del plegamiento; al contrario, se ve que era muy frágil y quebradiza, pues las calizas silizosas están quebradas en un número enorme de pedacitos, que después en parte están soldados por arenillas de carbonato de cal. También los flancos no encorvados de los pliegues muestran numerosísimas fracturas. No se trata, pues, en ésta de una transformación sin fractura. La barranca de Maltrata nos muestra algunas otras cosas interesantes. Mientras los acantilados meridionales constan todos de calizas de Maltrata, se encuentran en el lado septentrional de la parte oriental solamente rocas eruptivas, á saber, andesita. En la parte occidental el lado septentrional muestra debajo calizas de Maltrata plegadas; sobre éstas un conglomerado de guijarros principalmente de andesita augítica vítrea de un espesor que varía desde 20 centímetros hasta cerca de 10 metros. Sobre este conglomerado se ha derramado en forma de una cubierta la andesita piroxénica. La fig. 1 de la lámina 2 muestra los estratos casi verticales (en realidad no paralelos sino plegados en rodilla) de la caliza de Maltrata; sobre ésta el conglomerado de la andesita augítica vítrea, y encima de ésta la cubierta de andesita piroxénica.

La cubierta tiene una extensión bastante considerable; se la puede seguir hacia el N. hasta el otro lado de la curva más septentrional del ferrocarril. El ferrocarril ha hecho aquí descubrimientos buenos. Tenemos que observar que en la barranca de Maltrata (Infiernillo del Ferrocarril, la verdadera barranca del Infiernillo está más al N.) no se ven fenómenos de metamorfismo de contacto en las calizas cretáceas. Desde la barranca hasta el otro lado de la gran curva del ferrocarril tenemos la misma formación de la roca eruptiva. El límite entre los sedimentos y las rocas eruptivas está en parte bien descubierto en el E. en diversas barrancas con la dirección N.–S., pero éste no es el caso en el W., porque hasta La Bota una zona estrecha de guijarros (en su mayor parte de calizas de Maltrata) separa las dos bandas de rocas diferentes. Antes de este lugar en donde el ferrocarril llega á las pendientes al N. de Alta Luz, la construcción del camino no descubre el contacto; pero existen allí las mismas condiciones que en el Infiernillo. Más al N. el límite no está bien visible, pero se encuentra allí un lugar no sin interés cuyas condiciones nos muestra la fig. 2 de la lámina 2. Tenemos aquí un conglomerado de grandes y pequeños pedruzcos de andesita augítica, vítrea, sobre la cual yace una cubierta de andesita augítica en lajas y bancos. Vista del otro lado de la pequeña baranca, la andesita augítica casi tiene el aspecto de una roca sedimentaria, tan claros y bien discernibles son los bancos; sólo muy cerca se reconoce la naturaleza de la roca. Más arriba encontramos aún una nueva masa de guijarros compuesta casi exclusivamente de andesita augítica vítrea,

a. Andesita piroxenita
a' Conglomerado de Andesita augítica vítrea BARRANCA DE MALTRATA.
cr. Caliza de Maltrata

a. Andesita augítica en lajas
a' Conglomerado de Andesita augítica vítrea

En todas partes [illegible] r en estos pliegues que los estratos tienen su espesor normal [illegible] de deslamiento: no se puede ver ninguna deformación por tensión [illegible] ni en [illegible] de deblamiento ni en el flanco medio. Hay [illegible] lugares, pero no pasan paralelamente á [illegible] que se avisan á los pliegues: es cierto, pues, que [illegible] producido del estiramiento de los flancos [illegible] plástica en el procedimiento del plega- [illegible] que era muy frágil y quebradiza, pues las calizas [illegible] un número enorme de pedacitos, que después [illegible] por arenillas de carbonato de cal. También los flancos [illegible] de los pliegues muestran numerosísimas fracturas. No se trata [illegible] ésta de una transformación sin fractura. La barranca de Maltrata [illegible] muestra algunas otras cosas interesantes. Mientras los acantilados meridionales constan todos de calizas de Maltrata, se encuentran en el lado septentrional de la parte oriental solamente rocas eruptivas, á saber, andesita. En la parte occidental el lado septentrional muestra debajo calizas de Maltrata plegadas; sobre éstas un conglomerado de guijarros principalmente de andesita augítica vítrea de un espesor que varía desde 20 centímetros hasta cerca de 10 metros. Sobre este conglomerado se ha derramado en forma de [illegible] cubierta la andesita piroxénica. La fig. 1 de la lámina 2 muestra [illegible] verticales (en realidad no paralelos sino plegados en rodilla) [illegible] sobre ésta el conglomerado de la piroxena augítica [illegible] cubierta de andesita [illegible] extensión bastante considerable [illegible] seguir [illegible] de la curva más septentrional del ferrocarril. [illegible] aquí descubrimientos buenos. Tenemos que observar [illegible] Maltrata (Infiernillo del Ferrocarril, la verdadera ba- [illegible] está más al N.) no se ven fenómenos de metamorfismo [illegible] calizas cretáceas. Desde la barranca hasta el otro lado de [illegible] curva del ferrocarril tenemos la misma formación de la roca eruptiva. El límite entre los sedimentos y las rocas eruptivas está en parte bien descubierto en el E. en diversas barrancas con la dirección N.-S., pero éste no es el caso en el W., porque hasta La Bota una zona estrecha de guijarros (en su mayor [illegible] de calizas de Maltrata) separa las dos bandas de rocas diferentes. A [illegible] lugar en donde el ferrocarril llega á las pendientes al [illegible] del camino no descubre el contacto; pero exis- [illegible] que en el Infiernillo. Más al N. el límite no [illegible] bien visible [illegible] encuentra allí un lugar no sin interés cuyas condiciones nos induce [illegible] la lámina 2. Tenemos aquí un conglomerado de grandes y peq[illegible] de andesita augítica, vítrea, sobre la cual yace una cubierta de [illegible] augítica en lajas y bancos. Vista del otro lado de la pequeña barran[illegible] de augítica casi tiene el aspecto de una roca sedimentaria, tan clar[illegible] discernibles son los bancos; sólo muy cerca se reconoce la naturaleza [illegible] Más arriba encontramos aún una nueva [illegible] de guijarros compu[illegible] exclusivamente de andesita augítica vítrea,

a. Andesita augítica en lajas
a'. Conglomerado de Andesita augítica vítrea

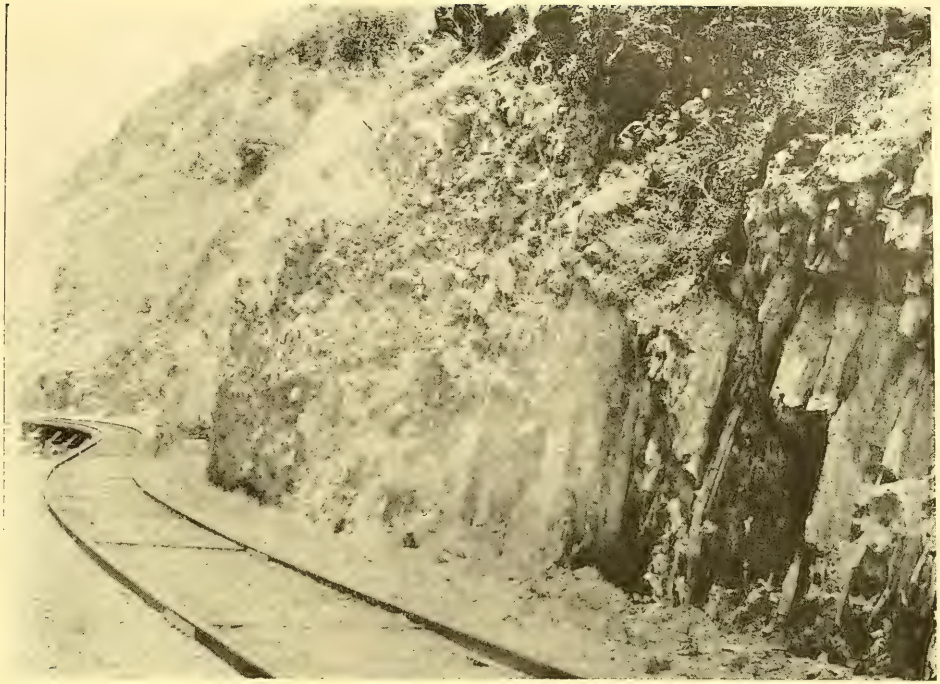


Fig. 1. BARRANCA DE MALTRATA.

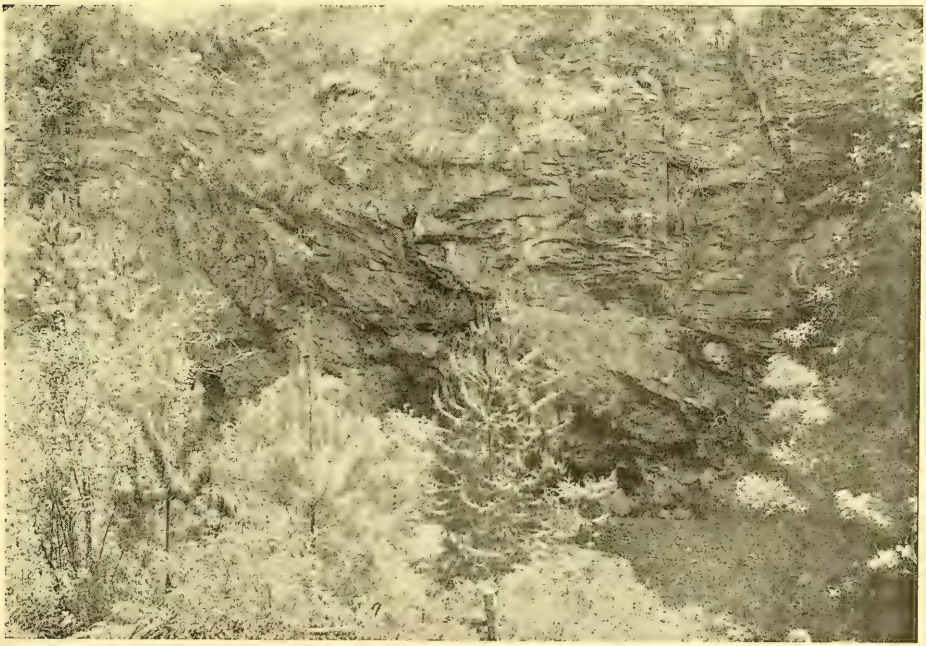


Fig. 2. AL NORTE DE LA ESTACION DE LA BOTA.

que se extiende hasta la mesa al pie del Pico de Orizaba. Al E. se hallan en la altura de la mesa calizas de Maltrata, que están inclinadas hacia el W. bajo un ángulo agudo. Bajando de esta masa calcárea hacia el S.E. siguen las calizas de Maltrata hasta la barranca que limita el cerro del Coyote en su falda septentrional; pero en el lado septentrional de la barranca se halla aún un pequeño dique de andesita augítica, que aparentemente es igual con el material de las erupciones más modernas del Pico de Orizaba. En el otro lado de la barranca vemos las calizas de Maltrata del cerro del Coyote.

Demos ahora una ojeada al lado occidental del valle de La Bota. Los pliegues sin número de los estratos cretáceos están muy bien descubiertos por el ferrocarril, pero el plegamiento es menos intenso que en el Infiernillo. Las calizas de Maltrata componen aquí toda la vertiente de la Mesa Central. Dollfuss y Montserrat,[1] cuya opinión aceptan Felix y Lenk,[2] consideran las calizas como paleozoicas, y Felix y Lenk utilizan esta idea como prueba para la existencia de una poderosa fractura longitudinal. No será necesario refutar esta opinión porque en estas calizas, á saber, en Alta Luz se ha encontrado el Acanthoceras ? Justinae Hill. Si los geólogos alemanes hubieran explorado un poco más detenidamente el borde de la montaña, se habrían convencido ciertamente de que las condiciones tectónicas son más complicadas allí de lo que ellos creyeron. Volveremos á esto en el capítulo sobre la formación de la Mesa Central. Entretanto no nos queda más que añadir que también en cada lado del valle de Maltrata se encuentran estas calizas silizosas que hemos denominado calizas de Maltrata. Solamente allí donde el camino para Boca del Monte se aparta del valle principal, hay un dique de basalto de olivino. El fondo del valle de Maltrata consiste en parte de areniscas arcillosas que pertenecen al Cuaternario y que contienen muelas, colmillos y huesos de Elephas. Desgraciadamente no logré obtener ninguna de las piezas, porque fueron enterradas secretamente por los indios. Las capas que contienen estos restos tienen el mismo carácter que las de la Mesa Central que contienen restos de Elephas y Equus en San Andrés Chalchicomula. Estos han sido descubiertos por el Sr. D. Eduardo Bárcena en la hacienda de la Candelaria y los ha regalado bondadosamente al Instituto Geológico de México, por cuya donación damos aquí también nuestros agradecimientos.

Donde las calizas de Maltrata llegan al borde de la Mesa Central están cubiertas ó por arenas y conglomerados volcánicos, ó directamente por basaltos. Numerosas pequeñas colinas de la Mesa entre Boca del Monte y Esperanza se componen de rocas eruptivas, las cuencas están rellenadas en parte por arenas volcánicas y en parte por aluviones. Toda la región contrasta con la región descrita antes. Mientras que arriba está todo desmontado, desolado y casi sin vegetación, las vertientes hacia el E. están cubiertas con la vegetación más abundante y densa. El paso de Boca del Monte á Maltrata es seguramente uno de los más sorprendentes.

1 Dollfuss, Montserrat et Pavie, Observations géologiques faites dans le trajet de la Veracruz à Mexico.—Arch. de la comm. scientif. du Mexique, II, 1866, pg. 125.

2 Felix und Lenk, Beiträge zur Geol. und Palaeont. d. Rep. Mexico, I, pg. 11.

PARTE HIDROGRÁFICA

Y OROGRÁFICA.

SOBRE MANANTIALES Y RÍOS DE ORIZABA.

Ya en algunos lugares del texto hemos llamado la atención sobre los manantiales particulares que salen al pie de los cerros y siempre mandan grandes cantidades de agua á los ríos; generalmente un arroyo abundante dimana de tal manantial. Estos solamente pueden formarse en el caso de que grandes recipientes se encuentren en el interior de las montañas. Este es ciertamente el caso aquí; porque los cerros compuestos de caliza contienen en todas partes grandes cavidades en las cuales el agua puede acumularse. Con estas cavidades están quizá en relación las formas particulares de las cuencas en la superficie de las montañas; éstas son depresiones en forma de cubetas sin salida llamadas ollas por los mexicanos. Muchas veces se deberán referir éstas á hundimientos de la superficie por derrumbes ocasionados en las cavidades. De los manantiales mencionados se alimentan los ríos y por esta causa los ríos no nacen á gran altura de la montaña, sino en su mayor parte al pie de una sierra. Ríos que nacen en el alto de la montaña desaparecen muy pronto resumiéndose en las grietas. Un ejemplo muy bueno nos da el arroyo que desciende de la Sierra de Agua y recorre en parte la barranca de Boca del Toro. Todo este arroyo desaparece en la roca por dos agujeros con un diámetro de cerca de medio metro. Por algunos kilómetros el agua corre subterráneamente para caer después muy aumentada en una cascada hermosa en el valle que baja hacia Nogales. Tales ríos subterráneos son frecuentes en la región descrita aquí; en algunos lugares se oye el susurro de un río subterráneo, un indicio para el descubrimiento de agua aquí tan deseada. No dudo que en la mayor parte de los valles haya tales canales subterráneos. Frecuentemente un río nace ya con agua abundante pero desaparece completamente después de algunos kilómetros; este es el caso en Tequila cerca de Tzongolica.

El ejemplo más grandioso para un río que desaparece en una parte, es el río Altotoco. Este río considerable viene del S., desaparece cerca de Apochtecatl, corre dentro de un cerro que se levanta 500 metros sobre el valle y sale después de un curso subterráneo de 4 kilómetros en el lado oriental del cerro, arriba de Coyametla.

Hasta ahora hemos hablado solamente de ríos y manantiales de curso constante en todo el año; en el tiempo de aguas naturalmente en muchos valles corren también ríos en la superficie que desaparecen con la entrada de la estación de la seca. Citaré aquí un solo ejemplo de acumulación de agua en gran cantidad á favor de las numerosas grietas que atraviesan las rocas. Cerca del pueblo de Atlahuilco no se encuentra ninguna gota de agua (con excepción de un manantial lejano y de un pozo con poca agua), lo que es tanto más singular porque el nombre azteca significa "agujero de agua;" pero desde los primeros aguaceros del tiempo de lluvias sale aquí de un agujero en la roca un arroyo bastante abundante. Para poder entender este fenómeno es necesario conocer la violencia de las lluvias tropicales, que pueden convertir en la ciudad de Orizaba las calles, que poseen en parte bastante caída, en pocos minutos, en arroyos de una profundidad de 20 á 30 centímetros, de manera que no se puede pasarlos á pie, y que pueden hacer intransitables la mayor parte de los caminos fuera de la ciudad.

Por correr subterráneamente la mayor parte de los ríos, éstos no tienen una influencia tan grande como en otras montañas en el modelado del terreno: en el capítulo siguiente hablaremos más de esto.

SOBRE ALGUNAS FORMAS OROGRÁFICAS.

Subiendo á valles mayores al S. del valle del Río Blanco se observa que éstos muchas veces están obstruídos por una barranca. El mejor ejemplo para este fenómeno nos lo da el camino de Orizaba á Tlahquilpan. Hasta Tlilapan el camino es plano, porque aquí pasa por la grande cuenca de Orizaba formada por la reunión de algunos valles. Cerca de Tlilapan desemboca el valle que desciende de Tequila. Cerca de 3 kil. arriba de Texapan se halla una barrera que consiste en calizas de Escamela, atrás de esta barrera cerca del rancho Ocotal ú Ocopila hay una cuenca sin agua. Se sube después con pendiente más ó menos uniforme hasta Tequila. Desde este pueblo hasta Atlahuilco el valle es casi plano bifurcándose aquí. Seguiremos la rama meridional. Muy cerca de Atlahuilco ya tenemos que pasar otra barrera, atrás de la cual se halla una cuenca sin agua; la barrera está formada también aquí por calizas de Escamela. Más arriba poco antes del puerto cerca de Tlahquilpan pasamos la última barrera que corta el valle transversalmente. Tales formas de valles son frecuentes en los alrededores de Orizaba, por ejem-

plo, cerca de Necoxtla se encuentran muchas de éstas de pequeñas dimensiones. Si estos valles poseyeran ríos ó arroyos, mostrarían un aspecto particular con lagos colocados en gradas; actualmente el aspecto no es tan sorprendente porque en ninguna parte se ve una gota de agua. ¿Cómo se han formado estos valles? Son casi siempre valles longitudinales y por esto las barreras son más sorprendentes. Si fuesen valles transversales, se podría suponer qué partes habrían caído á causa de los ríos subterráneos y que las cuencas se habrían formado de esta manera. En la parte inferior del valle de Tequila he observado algunas veces un cambio en el rumbo de los estratos, por esto creo que hay en este caso una causa tectónica; lo mismo es el caso en la barrera superior; allí hay seguramente una fractura transversal considerable. Si estos valles se hallasen en los Alpes, ciertos geógrafos explicarían muy pronto el fenómeno con el efecto de los ventisqueros. Esto naturalmente está excluído aquí, lo mismo que un origen por erosión superficial, y no nos queda para la explicación más que la influencia de la tectónica ó erosión subterránea. Con la exploración más detallada se verá en cada caso qué causa es la que ha producido la barrera.

Estando excluído aquí todo efecto de la erosión por ventisqueros, quiero llamar la atención sobre otra forma de valle que se explica á menudo por la erosión de los ventisqueros, y que se halla frecuentemente en la Sierra Madre oriental, esto es, el valle en circo. Estos se encuentran á menudo en escala pequeña, pero también la grande depresión de Maltrata se asemeja mucho á tal forma. Es verdad que la masa de rocas eruptivas modernas modifica un poco la impresión; si estas masas eruptivas no existiesen, tendríamos un valle en circo perfecto, directamente debajo de la cresta más alta de la montaña y muy parecido á aquellos que conocemos de los Alpes, de la Selva Negra, etc. No se puede pensar en un efecto de erosión por ventisqueros; el valle se ha formado probablemente por la inclinación hacia el P. en la parte oriental, por un plegamiento fuerte de las mismas capas en la parte occidental; y en el S. y en el N. el valle está probablemente cortado por fracturas transversales. Por esto y por el trabajo del agua se produjo la forma de circo con la salida estrecha hacia el E. Aunque las condiciones actuales no nos permiten dar una explicación segura de la génesis del valle, una formación por erosión de ventisqueros está excluída, y esto nos demuestra que formas iguales en otras partes del mundo no son siempre una prueba de la existencia de ventisqueros antiguos.

SOBRE EL ORIGEN DE LA MESA
CENTRAL MEXICANA.

Como ya hemos mencionado en la introducción, Felix y Lenk aceptan la vieja opinión de Humboldt de que los volcanes están situados sobre grietas y utilizan esta hipótesis también para la explicación de la existencia de una Mesa Central en México, suponiendo que tales fracturas causan las pendientes de la Mesa hacia el E., el W. y el S. Que tal fractura no existe en el E. está probado ya por la descripción del perfil. Tanto más sorprendente es la existencia de la Mesa.

Considerando otra vez el corte y denominando la división más antigua 1 y la más moderna 3, vemos que hay la colocación siguiente:

Oeste 3 2 || 3 2 1 || 3 2 | 2 | 2..... || 3 | 1 | 3 || 1 || 2 Este.

Desde el E. el terreno sube en gradas hacia el W. En el W. he añadido en este esquema dos divisiones que se observan en la altura de la Mesa Central en Esperanza y S. Andrés Chalchicomula. Con las líneas verticales están marcadas las fracturas en este esquema, y de éstas son las más importantes las que tienen una línea doble, éstas corresponden en parte también á las grandes depresiones topográficas. En este esquema existe una cierta ordenación; donde hay una serie de divisiones, la más moderna está siempre en el lado occidental. Hay que considerar también que los estratos en general están inclinados hacia el Oeste. Dejando todos los detalles vemos un hundimiento en escalera con inclinación de las capas hacia la parte más alta. Conocemos tal estructura en escalera también de otras partes, aunque generalmente en la fractura en escalera la inclinación va hacia la dirección contraria. Un ejemplo para inclinación inversa encontramos en una región que es la continuación distante de las cadenas mexicanas en el "Great Basin System," descrito por Gilbert en el año de 1876; por ejemplo, en los cortes por la Pakranagat Range del Silver Cañón en la Sierra Nevada meridional. Allí las condiciones tectónicas son más sencillas que en Orizaba, donde existen plegamientos fuertes.

A cada uno se le ocurre la pregunta de por qué estos plegamientos intensos se encuentran solamente en algunos puntos. Siempre están plegadas las pizarras de Necoxtla y las calizas de Maltrata, nunca las calizas de Escamela (con excepción del anticlinal en el cerro de San Cristóbal). Tampoco están plegadas las calizas de Maltrata donde éstas están cubiertas por calizas de Escamela; solamente allí donde no están cubiertas por calizas de Escamela, las calizas de Maltrata están plegadas; en el otro caso están quebradas en "blocks." Esta es la regla aquí en toda la montaña, se debe llegar, pues, ciertamente á la conclusión de que esto no es así por casualidad, sino que la falta de plegamiento de las calizas de Maltrata en ciertos lugares tiene su causa en la sobreposición de las calizas de Escamela. ¿Por qué no están plegadas las calizas de Escamela? En varias partes de Europa he observado que calizas densas, en lechos gruesos sin intercalaciones de margas en movimientos orogénicos no han sido plegadas sino quebradas; pongo aquí como ejemplo el Dachsteinkalk de los Alpes orientales desde Berchtesgaden hasta Viena, las grandes masas de caliza-dolomia del Trias en el Tirol meridional y en la Engadina; las calizas cretáceas en los Alpes meridionales y en el S. de Italia. En todos estos sedimentos nunca se observan pliegues, con excepción de algunos anticlinales y sinclinales muy abiertos. Muy iguales á las calizas mencionadas son las calizas de Escamela; estas mismas nunca están plegadas sino quebradas, y donde esta masa compacta cubre las calizas de Maltrata, las ha librado del plegamiento. Las calizas de Maltrata con sus lechos delgados y la intercalación frecuente de pizarras margosas y arcillosas, están plegadas donde se hallan descubiertas y en pliegues geniculados más que en anticlinales y sinclinales sencillos, porque los bancos de calizas rígidas á pesar de las pizarras intercaladas no cedían, sino se doblaban en ciertos lugares en vez de encorvarse en arco regular; por la presencia de las pizarras adquirían solamente una flexibilidad pero no se formaban grandes fracturas. Las pizarras de Necoxtla están plegadas en todos los lugares donde no están cubiertas.

Si la sobreposición por calizas de Maltrata impide el plegamiento de las capas inferiores, debemos suponer que en los lugares con plegamiento y donde falta actualmente la caliza de Escamela, ya faltaba ésta en el tiempo del movimiento orogénico principal, ó que el plegamiento tenía lugar más tarde. Es bastante seguro que las fuerzas orogénicas continuaban obrando después del período orogénico principal; porque según observaciones de Aguilera, en el valle de México y particularmente en el grande canal nuevo de desagüe, el Terciario (probablemente Mioceno-Plioceno) y especialmente las capas de diatomeas están plegadas cerca de la Capital, mientras que más hacia el N.E. están inclinadas hacia el N.E.; pero esta fuerza orogénica era tan débil que es imposible atribuirle el plegamiento intenso de las calizas de Maltrata. No nos queda más que suponer que la cubierta de calizas de Escamela faltaba ya en algunos lugares en el período orogénico principal. En este caso tenemos dos posibilidades: ó las calizas de Escamela fueron quitadas por erosión, ó no se habían formado allá. Aquí también se puede decidir con algo

de seguridad. Yendo más al W. de la línea del perfil se encuentra sobre las calizas de Maltrata otra vez calizas de Escamela, y es poco probable que en el pequeño espacio entre Maltrata y Esperanza las calizas de Escamela no se hubieran formado. Más pobable es, pues, la suposición de que fueron quitadas en su mayor parte por la erosión antes del período orogénico. En la mayor parte del S. de México falta el Cretáceo Superior, éste solamente se conoce en la región del Río Bravo, en el límite con los Estados Unidos del Norte y quizá en una parte de Oaxaca (según noticias de Aguilera). La mayor parte del S. de México ya habría sido levantada en el tiempo del Cretáceo Superior en tal grado que no podían resultar más sedimentos marinos. En aquel tiempo la obra de las fuerzas orogénicas ya debe haber comenzado y con ésta también la erosión. El movimiento orogénico principal tenía lugar en el Terciario antiguo; esto nos prueba la falta de plegamiento intenso en el Terciario del Golfo; por lo que se debe suponer entre el Cretáceo Medio y el Oligoceno una erosión fuerte. El valle de Maltrata ya debe ser muy viejo pues vemos en el Cretáceo que está cubierto por el conglomerado de andesita, los vestigios de canales y arroyos antiguos. Antes del depósito del conglomerado de andesita existía ya con seguridad un valle profundo. No es, pues, de ningún modo improbable que la erosión obraba aquí ya desde mucho tiempo y que el movimiento orogénico podía plegar las capas más fácilmente, en primer lugar, porque las calizas rígidas habrían sido quitadas, en segundo lugar, porque el espesor de la masa que se plegaba fué considerablemente más pequeño que el de los alrededores.

Indico en la cartita adjunta al perfil las partes en las cuales, según nuestra teoría, la erosión ya había quitado las calizas antes del movimiento orogénico principal. En otros puntos, por ejemplo en la parte oriental de la montaña que divide el valle del Río Blanco de aquel valle que sigue el ferrocarril, las calizas de Escamela ciertamente han sido quitadas por la erosión después del movimiento orogénico principal, lo que indica la estratificación uniforme de las calizas de Maltrata. Si hubiese sido obra de la casualidad que las calizas de Maltrata fueran plegadas en un lugar y no en otro, no habría un límite tan bien marcado y constante entre las dos partes, como sucede aquí.

Hemos hablado de la influencia de la rigidez de la roca en los detalles de la tectónica; en esta ocasión indicaremos al menos otro efecto de aquel elemento. Fallas inversas grandes tienen lugar solamente entre rocas de rigidez diferente y generalmente sucede que al principio el movimiento es vertical: una parte sube en el plano de una fractura más ó menos perpendicular y la otra parte se hunde; cuando una roca dura encuentra á otra blanda, por ejemplo, caliza compacta á margas, el movimiento vertical se transforma en un movimiento transversal y el plano de fractura muestra alguna inclinación bajo algún ángulo. Esta idea que he obtenido por el estudio de numerosas fallas inversas me ha sido confirmada por un experimento que hice hace algunos años.

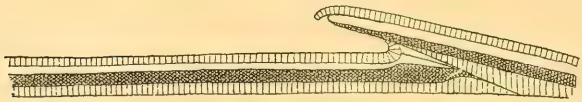


Fig. núm. 3.—Falla inversa producida artificialmente.

De arriba para abajo las capas están formadas de arcilla, yeso, arena húmeda y arcilla.

Ponía sobre una capa de arcilla una capa de arena húmeda y otra de yeso y encima de ésta otra capa de arcilla y sometía todo á una presión lateral; primero se mostraba una grieta vertical, que pasaba después á una falla inversa, de manera que se veía claramente un encorvamiento por arrastre de las capas de arcilla.

En la falla inversa de la Sierra de Agua las calizas de Escamela representan la capa de yeso, las pizarras de Necoxtla la de arcilla; el medio blando ha cedido á la presión lateral. Podría dar un gran número de ejemplos de los Alpes para prueba de mi opinión, pero quiero reservar éstos para otra ocasión. Aquí solamente queríamos mostrar que la naturaleza de las rocas tiene una grande influencia en la tectónica, circunstancia que desgraciadamente casi siempre se desatiende.

En este lugar tenemos que ventilar otro problema. Se supone hoy generalmente una fuerza bilateral ó unilateral que obra tangencialmente como causa de la orogenia y se cree que aquella por su parte es causada por la contracción de la corteza terrestre. Si esto último es verdad y el plegamiento realmente resulta de la contracción de la corteza terrestre, la fuerza orogénica debe obrar en tres direcciones; el esfuerzo de dos, á saber, la transversal y la longitudinal, es más claramente discernible ó reconocible. Me parece que se ha descuidado esto hasta ahora y que se ha considerado casi siempre solamente el efecto perpendicular á la extensión longitudinal de las montañas.

Y no obstante, el solo esfuerzo perpendicular á la anchura, es suficiente para explicarnos la aparición de fallas inversas, que son transversales al rumbo de las montañas; y sobre todo porque hay tantas variaciones en el rumbo de las capas, y finalmente, porque en éstas el rumbo muchas veces ondula. La presión normal á la dirección longitudinal de la montaña ocasiona el cambio en la inclinación normal de las capas además de afectar también su rumbo, mientras que la presión normal á la anchura sólo causa cambio en el rumbo de las capas ó modifica la posición de los pliegues ya formados. La presión naturalmente tiene que ser mayor en alguna de las tres direcciones y de esto resulta el alargamiento ó sea la dirección de la montaña; pero que en todo caso la presión normal á este alargamiento existe, no se puede negar, aunque ha sido descuidado casi siempre. Tengo que restringirme aquí á apuntes cortos, tanto con respecto á la importancia de la rigidez de la roca y su manera de estratificación, como con relación al efecto de la dirección doble

de la presión en la orogenia; para explicaciones se ofrecerá una oportunidad en otro lugar.

Después de esta introducción nos ocuparemos del problema principal: ¿De qué manera se ha formado la Mesa Central? He mencionado que la teoría del caballete (Horst) entre dos, ó mejor dicho, tres regiones de hundimiento que asientan Felix y Lenk no corresponde á los hechos. Felix y Lenk creían que las calizas de Maltrata eran paleozoicas, por esto suponían la fractura en el E.; para nosotros está probado por el hallazgo de fósiles que las calizas pertenecen al Cretáceo Medio. La fractura no existe; tenemos, pues, que tratar de explicar la formación de la Mesa Central de una manera diferente y para ello servirnos de nuestras observaciones.

Siguiendo desde Jalapa al borde de la Mesa Central, se ve que en ninguna parte hay una sola pendiente rápida, sino que existe siempre una serie de eminencias en forma de escalera. También observamos que las bandas cretáceas desaparecen siempre sin fracturas debajo de la cubierta de rocas eruptivas y arenas volcánicas. Más sorprendente es esto en el lado meridional, donde las series de sedimentos son más complicadas, de modo que también el Trias y el Jurásico participan en el material de la montaña. Allí también las cadenas sedimentarias desaparecen debajo de las rocas eruptivas; es decir, se sumergen entre las rocas eruptivas que son las que por su espesor aumentan la altura de las montañas. Por esto y porque las partes del S. son la continuación directa de las formaciones sedimentarias que componen el núcleo de la Mesa Central, no hay ninguna pendiente rápida al S. del borde de la Mesa Central. En Cuautla y en Cuernavaca las cadenas de montañas vienen del S. sin interrupción y desaparecen debajo de las masas eruptivas de la Mesa Central; esto se puede observar en algunos lugares, y la bajada desde la Mesa Central es casi imperceptible; yendo en ferrocarril á Cuautla no se puede imaginar que este pueblo está mil metros abajo de la Mesa Central. Pero las cadenas sedimentarias tienen mayor altura que el pueblo y por eso se debe suponer que las masas eruptivas no tienen tanto espesor como es la diferencia entre la altura de la Mesa Central y la de Cuautla. Sin embargo, las masas que volcanes grandes como el Popocatepetl han amontonado son inmensas y también un espesor de mil metros no sería sorprendente.

Demos ahora una ojeada á la parte meridional de la Mesa Central; desgraciadamente no he podido levantar hasta ahora un corte exacto por toda la Mesa Central, sino que he tenido que limitarme á algunas excursiones, pero éstas ya me dan resultados bastante importantes. Yendo de Boca del Monte ó más al S. de Aculcingo hacia el W., se halla atrás de las rocas eruptivas del borde de la Mesa Central un valle ancho casi plano, con pequeñas colinas en los bordes, formadas de rocas eruptivas. Antes de Esperanza encontramos otra vez una banda de calizas de Maltrata, que he seguido hacia el S. hasta la Cañada de Morelos; allá esta banda está descubierta solamente en una barranca profunda, pero el acarreo de calizas sobre los campos nos muestra una extensión mayor hacia el S. De esta banda hacia el W. se extiende otra vez

un valle que está rellenado de rocas eruptivas, acarreos, aluviones y areniscas arcillosas cuaternarias (con numerosos restos de Elephas, Mastodon y Equus). Al otro lado se levanta cerca de San Andrés Chalchicomula una masa montañosa de 400 metros sobre el nivel del valle; ésta se compone de calizas de Escamela fosilíferas. En el S. desaparecen las masas eruptivas y se ve en una extensión grande, casi hasta Puebla, solamente calizas cretáceas, á saber, un cambio de calizas de Maltrata y calizas de Escamela, conforme á las condiciones tectónicas que hemos observado en el corte de Orizaba á Boca del Monte. También al N. del ferrocarril veracruzano encontramos aún aisladas masas de calizas; pero allí predominan mucho más las rocas eruptivas; los valles anchos entre las colinas bastante aisladas están rellenados de arenas volcánicas y aluviones, de manera que se ha formado una llanura con pequeñas cimas en forma de colinas. El espesor que tienen estas arenas se reconoce en las perforaciones para manantiales, que muchas veces alcanzan más de 100 metros sin encontrarse el macizo rocalloso. Al W. de Puebla principalmente participan en la formación de la montaña, pizarras pretendidas paleozoicas, de las cuales probablemente una gran parte con el tiempo se vendrá á reconocer que son pizarras jurásicas y cretáceas metamorfizadas y gneiss. En consecuencia vemos también en el borde de la Mesa Central aquellas pizarras. Sobre estos sedimentos se encuentran también calizas cretáceas que obtienen mayor espesor en la vertiente occidental de la Mesa Central, hasta que desaparecen adyacentes á la zona de granitos, diabasas, dioritas y syenitas, situadas del lado del Océano Pacífico.

Las rocas eruptivas y arenas volcánicas con los aluviones pliocénicos y cuaternarios forman, pues, solamente una cubierta; el núcleo de la montaña se compone de rocas sedimentarias. También en los grandes volcanes del Popocatepetl, Ixtaccihuatl, Malinche, Pico de Orizaba y Nevado de Toluca se puede probar que las rocas sedimentarias desaparecen solamente bajo una grande masa eruptiva. Está conforme con este hecho el que en la parte media de México, en la Mesa Central, existan rocas sedimentarias que forman zonas montañosas.

De todo esto tenemos que deducir, que México es en su parte meridional una gran montaña con el rumbo N.N.W.–S.S.E. que se compone de rocas sedimentarias quebradas y plegadas. En la parte media y más alta las rocas eruptivas, arenas volcánicas, y en menor parte aluviones pliocénicos y cuaternarios han rellenado los valles de manera que se formaba una especie de llanura recorrida por cordilleras formadas en parte de rocas eruptivas y en parte de rocas sedimentarias. La montaña mexicana ya existía cuando comenzaban las erupciones principales, pues que en la parte media y más alta de la montaña éstas han servido solamente para rellenar las desigualdades orográficas. Por la existencia de esta mesa secundaria que significa la existencia de las antes más altas crestas de la montaña, la bajada rápida en escalera hacia el E. y el W. se muestra más claramente y causa la ilusión de que la Mesa Central sea un caballete (Horst) entre dos regiones de hundimiento.

Parecen ser las mismas las condiciones de la parte S. que de la parte media de México. Mirando la carta geológica de México, se observa que las rocas eruptivas modernas no tienen los mismos límites que la Mesa Central, sino que la recorren oblicuamente para mostrarse en la parte septentrional del país solamente en el lado del Pacífico. Las rocas eruptivas ocupan la mayor parte de la Mesa en sus porciones central y septentrional con una cubierta considerable de arenas y aluviones. También en la cadena volcánica del P. hay muchos lugares donde emergen rocas sedimentarias. Parece, pues, que las condiciones tectónicas son las mismas que en el S.: el núcleo de la montaña se compone de rocas sedimentarias levantadas, quebradas y plegadas, y los valles entre las crestas más altas están rellenados por arenas volcánicas, lavas y aluviones modernos.

Geográficamente considerada la montaña de México, consiste en el S. de una sola cadena, que se bifurca en el borde meridional de la Mesa Central, la Sierra Madre occidental y la Sierra Madre oriental.

Pero en el sentido geológico la bifurcación comienza mucho más al N. porque toda la montaña mexicana aparentemente se ha levantado al mismo tiempo como un gran grupo de cadenas que fué configurado después por erupciones modernas que ciertamente son fenómenos que acompañan á los movimientos orogénicos más tarde. Por lo que sabemos hasta ahora, la cadena de rocas eruptivas antiguas y gneiss del lado del Pacífico servía como machón á los esfuerzos orogénicos. Aquí comenzaba la formación del Continente. En el S.O. faltaban ya las calizas del Cretáceo Medio y por esto tenemos que suponer que esta parte ya emergía del mar en el tiempo Cenomaniano. Esta parte más antigua formaba una zona estrecha extensa en el P., á saber, aquella parte que hoy consiste en la Península de Baja California y una banda en la costa del Pacífico. El golfo entre la Baja California y el Continente se puede considerar, como ha sido ya conocido, como la continuación de la depresión del Sacramento en California y es mucho más moderno que el principio del levantamiento. El movimiento orogénico comenzaba, pues, en el O. y se propagaba hacia el Oriente; sólo podemos apuntar este hecho cuyos detalles se deberán comprobar por trabajos posteriores. Hoy México se hunde en el P. y se levanta en el E.; en la costa del Pacífico la antigua Aduana de Manzanillo que estaba un poco distante del mar se encuentra en la actualidad en ruinas ya parcialmente debajo de las aguas. Al contrario se observa que en la costa del Golfo hay casas que se hallaban en la orilla del mar en el siglo pasado y que se encuentran 50 metros tierra adentro, y en excavaciones de la ciudad actual de Veracruz se han encontrado anclas y otras piezas de buques enterradas en el suelo, de modo que el mar se extendía antes más adentro, y esto en tiempo de la colonización española. Desgraciadamente ahora nos faltan estudios más exactos sobre estos problemas, pero no se puede negar la existencia de un movimiento.

Habiendo combatido en otro lugar de este escrito la teoría sobre la tectóni-

ca de la montaña mexicana defendida por Felix Lenk, séame permitido aquí mostrar la diferencia entre nuestras ideas y las pruebas de ambas partes.

Humboldt suponía ya la existencia de una grieta volcánica en el S. que debía correr desde el Pico de Orizaba sobre el Popocatepetl, Nevado de Toluca, Jorullo y Colima. Esta grieta era para él una grieta de acción volcánica. De esta opinión la de Felix y Lenk se distingue en muchos respectos. Ellos[1] suponen una fractura transversal que debe encontrar su manifestación en el curso del borde meridional de la Mesa y de la pendiente rápida perteneciente á aquélla. Esta es una idea que, como lo dicen sus autores, es muy diversa de la de Humboldt; pero Felix y Lenk dicen aún más; suponen que en el E. y el O. de la Mesa Central existen fracturas; dicen que la zona oriental de fracturas se indica por el borde muy marcado de la Mesa y por las condiciones tectónicas extremadamente complicadas de las rocas sedimentarias que afloran en las pendientes rápidas. El Golfo mexicano no es, como pretenden, la región de hundimiento perteneciente á esta zona de fracturas. Para la ilustración de esta idea presentan perfiles que tienen una relación entre las alturas y las distancias de 10 á 1, que no prueban absolutamente nada; por lo demás estos son en parte perfiles de viaje que de por sí no dan una relación exacta entre las alturas y las distancias horizontales. La existencia de la fractura oriental es tan segura para Felix y Lenk, que de ningún modo tratan de probarla; pues las observaciones generales y vagas: borde muy marcado de la Mesa y condiciones tectónicas extremadamente complicadas, no se pueden cousiderar como pruebas. Se toman mayor trabajo los autores para hacer plausible la existencia de la fractura transversal en el Sur. Dicen que no todos los volcanes se amontonan sobre la grieta principal, sino que un segundo grupo se levanta sobre grietas secundarias que se ramifican de aquella, bajo un ángulo que se aproxima más ó menos al recto; en un tercer grupo reunen ellos los volcanes que se encuentran al S. de la pretendida grieta transversal y en un cuarto las formaciones volcánicas que se hallan distribuídas sobre la Mesa Central. Para demostrar la existencia de la fractura transversal, invocan los autores la pretendida pendiente rápida hacia el S. y las dislocaciones de las rocas sedimentarias. Asientan que falta una pendiente rápida al E. del Popocatepetl (y al O. también según yo) y que la Mesa mexicana pasa sin interrupción á la montaña de Oaxaca, pero la configuración de esta montaña según Felix y Lenk depende de la gran fractura del Golfo.

Las grietas secundarias están indicadas según los geólogos, por las cadenas volcánicas en la parte alta de la Mesa; las regiones entre aquellas Sierras son valles poderosos que se denominan valles de México y de Toluca, mientras una tercera región entre el Popocatepetl, Ixtacihuatl, Pico de Orizaba y Cofre de Perote, recibe el nuevo nombre de Valle de Puebla. La circunstancia que los diferentes valles tienen diferencias considerables en su altura (Toluca

1 Felix und Lenk, Ueber die tektonischen Verhaltnisse der Republik Mexico Zeitschrift d. Deutsch, Geol. Gesellsch. 1892, pg. 307.

2,600 metros, México 2,270, Puebla 2,000), los autores la atribuyen á dislocaciones verticales por las grietas volcánicas, pretensión absolutamente hipotética, porque las formaciones sedimentarias no están bastante descubiertas en aquellos valles (excepto el valle de Puebla).

Según los autores es muy fácil comprender que la región de actividad volcánica más intensa se ha de encontrar generalmente allí donde se cruzan dos sistemas de grietas, tales puntos representan: el Popocatepetl, el Ajusco cerca de México y el Nevado de Toluca. Pero el volcán más alto de México, el Pico de Orizaba, se levanta sobre una grieta secundaria en una distancia bastante grande de la grieta principal, mientras allí donde se cortan las dos grietas más vecinas, á saber, en la región de Tehuacán, no se halla ningún volcán de importancia (?) y también en el terreno no se observan irregularidades extraordinarias á causa de la conexión de la Mesa Central con la serranía de Oaxaca. Los autores suponen, pues, que en el Pico de Orizaba y el Cofre de Perote una grieta secundaria meridional se cruza con la grande fractura longitudinal del E.; aquí también utilizan las condiciones complicadas de la tectónica como prueba. Porque el borde de la Mesa se desvía aquí en una distancia de casi 120 kilómetros de la dirección N.W. que le es propia en otras partes, los autores suponen que esta fractura longitudinal se haya formado después de la grieta transversal y de la grieta secundaria.

Al contrario de lo que dice Heilprin, que pretende que la montaña mexicana se ha formado por plegamiento, Felix y Lenk niegan la existencia de plegamientos, con excepción de los que se encuentran como fenómenos secundarios de dislocaciones importantes. Ellos (l. c. pg. 313) dicen: "Eine Verallgemeinerung des Faltungsphaenomens erscheintuns aber bei der hervorgehobenen Unsichtbarkeit der Sedimentargesteine in der unmittelbaren Nähe jener meridionalen Brüche noch einer genügenden Begründung zu entbehren."

En otro lugar (l. c. pg. 414) dicen: "Zu den drei Erscheinungen welche wir bisher als im engsten Zusammenhang mit der Bildung jener transversalen Hauptspalte stehend, kennen gelernt haben, nämlich die Werwerfung der beiden durch die Spalte entstandenen Schollen, der steile Abfall des Hochplateau nach Süden und die Vulkanreichen über der Haupt–und über den Nebenspalten, tritt nun noch eine weitere vierte, welche in Bezug auf die Hauptspalte gleichfalls ein sekundäres Phänomen ist: nämlich eine im südlichen Theile des Hochplateau parallel mit der Richtung der Hauptspalte laufende Seenreihe."

Felix y Lenk explican la formación de estos lagos por la suposición de que los valles entre la grieta principal y las secundarias habían sido cerrados por barreras consistentes en grandes masas de material volcánico. Muchos de estos lagos no tienen salida, todos son relativamente poco profundos ó de poco fondo.

No es menester ocuparnos de la enumeración y descripción de aquellos lagos que hacen en su trabajo Felix y Lenk porque no contiene más que una lista de datos.

Angelo Heilprin combate ya las primeras publicaciones de estos autores y Felix y Lenk citan sus palabras en su trabajo posterior sobre las condiciones tectónicas de la República de México. Él[1] cree, hablando de las cordilleras de cerca de Tehuacán: "From any of the eminences about Tehuacan the valley can be traced southeastward very nearly to the limits of vision, with the bounding ridges following in the same direction into the State of Oaxaca (where they are met by a more or less transverse system of elevations). The fact that these ridges pass for such long distances beyond the true edge of the plateau, and retain throughout a general paralelism of structure, is to me sufficient evidence that the plateau is not the result of uplift along an east–and–west line of faulting, such as has been assumed by Felix and Lenk, and which is made by these authors to conform with the (assumed) east–and–west fissure upon which the principal volcanic vents Orizaba, Popocatepetl, Nevado de Toluca, Jorullo—are supposed to stand. The plateau in this part at least, represents compressional uplift, in wich an east–and–west thrust has produced a series of folds running in a direction at right angles to this line. The inequalities or saddles of folding have been largely filled in through volcanic and fissure discharges, which have thus mainly been instrumental in schaping the existing physiognomy of the plateau. Parallel chains of the hills or mountains, similar to those of the region about Tehuacan, also pass southward from the plateau in the State of Morelos near Cuautla and Yautepec and between Yautepec and Cuernavaca....."

Esto es en general casi la misma idea, á que he llegado por mis estudios especiales. Séame permitido probar aquí con más detalles la inexactitud de las opiniones defendidas por Felix y Lenk.

Es el ahinco de una cierta escuela geológica explicar las grandes pendientes rápidas, las depresiones de gran extensión, etc., por fracturas y dislocaciones en forma de fosas. Y esto ya ha tomado tantas dimensiones que se considera la sola circunstancia de una depresión topográfica como prueba para la existencia de una fractura, mientras por otra parte la misma escuela niega en parte y en parte descuida la influencia de las fracturas en los detalles de la topografía y antes pone teorías remotas y temerarias como la teoría de los arrecifes de corales ó también la suposición de plegamientos complicados, de valles prexistentes, etc. Que esta escuela para la cual la hipótesis vale más que todo, que mira con desdén soberano al trabajo detallado, se encuentra en el error sea que invente sus fracturas en forma de fosas en África, en Asia ó en América, resaltará para todo el que se haya ocupado sólo una vez de modo escrupuloso en el campo de la solución de problemas geológicos y no solamente en el gabinete. Se podría conceder cierto derecho á la suposición de que en las grandes rupturas del terreno han tenido efecto fracturas, pero todos aquellos resquebrajamientos y fracturas hipotéticas, en forma de fosas, han sido construídas á causa de malas cartas geológicas y generalmen-

1 Angelo Heilprin, The Geology and Palæontology of the Cretaceous Deposits of Mexico. Proceed. of the Academy of Nat. Sc. of Philadelphia, pag. 464.

te en regiones que son poco accesibles para los geólogos. Cuando se han pretendido tales rupturas en regiones más accesibles, la inexactitud de la idea ha sido probada muchas veces; un ejemplo clásico es la hipótesis de Suess de los fracturamientos en forma de cuenca ó cubeta en el lado occidental de Italia. Lo mismo es el caso en México; las pretendidas pendientes rápidas de la Mesa Central hacia la costa oriental, en su mayor parte, sólo existen en la fantasía de los cartógrafos antiguos. Por ejemplo, si se da una ojeada sobre el mapa topográfico publicado por el Ministerio de Fomento en el año de 1890, ya se ve que no existen rupturas sencillas ni en el E. ni en el O. sino que la bajada del terreno es mucho más lenta, no obstante que en la escala pequeña (1 : 2.000,000) de la carta, la diferencia vertical está muy exagerada. Considerando, por ejemplo, los contornos del corte adjunto á este trabajo, que está dibujado exactamente según las relaciones naturales, se observa que no se puede hablar de pendientes rápidas, y muy semejantes son las condiciones en todo el borde oriental de la Mesa Central mexicana. Los perfiles publicados por Felix y Lenk son inexactos, primeramente porque están exagerados, y en segundo lugar muestran muchas veces condiciones especiales, porque siguen el thalveg y bastante conocido es que el ángulo de inclinación es mucho mayor en el origen del valle que en la parte más baja de la depresión.

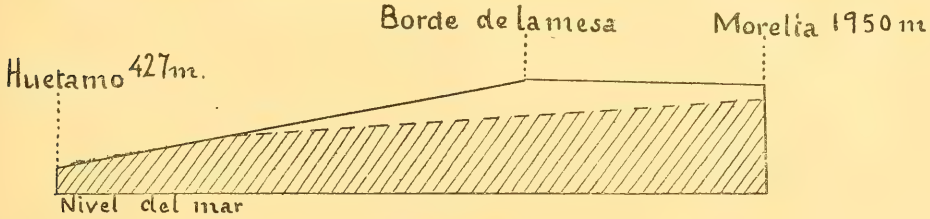


Fig. núm. 4.

Corte por la vertiente meridional de la Mesa Central hasta el río de las Balsas. Escala 1 : 1.000,000.
La parte sombreada representa con bastante probabilidad el núcleo sedimentario de la montaña; la parte en blanco la cubierta de material volcánico.

Menos se puede hablar de una pendiente rápida en el S. El valle del río de las Balsas, que es mencionado tantas veces por Felix y Lenk, topográficamente es poco considerable; en su mayor parte no es más que una barranca y las cadenas cretáceas pasan por esta barranca sin interrupción hasta que desaparecen bajo las masas eruptivas de la Mesa Central, como ya lo hemos dicho. Aun en su parte más ancha que pertenece ya á la vertiente occidental de la montaña mexicana, el valle del río de las Balsas no llega á una anchura de más de 5 kilómetros. Y una pendiente rápida no existe en ninguna parte; tomamos, por ejemplo, la distancia entre Huetamo (427 metros) y el borde de la Mesa, que tiene en aquel lugar una altura de cerca de 2,000 metros. Estas son condiciones muy favorables para la opinión de Felix y Lenk, porque habríamos podido encontrar fácilmente lugares con menos diferencia de altura. Huetamo tiene una distancia de 84 kil. de la parte más cerca del bor-

de de la Mesa. Tenemos, pues, en la distancia de 84 kil. una diferencia de altura de 1,575 metros en cifras redondas. Hemos construído los ángulos de inclinación de la pendiente en la figura adjunta y no se ve nada de una pendiente rápida.

Tenemos que considerar que el borde y la Mesa Central están levantados considerablemente por el material volcánico. Sombreando el espesor de las rocas sedimentarias según nuestros conocimientos actuales, obtenemos un ángulo muy agudo para la inclinación de la pendiente. Así son las cosas en la parte más baja del valle del río de las Balsas; pero al E., en la parte meridional de Puebla y en la región septentrional de Oaxaca la Mesa Central se continúa con la meseta de Oaxaca, no sé nada de una pendiente rápida ni tampoco de una depresión vasta y profunda, lo que ya conceden Felix y Lenk; se puede añadir que allí en todas partes las cadenas sedimentarias se continúan sin interrupción hasta la Mesa Central. No existe una poderosa fractura transversal.

Demos una ojeada ahora en sentido geológico á los perfiles de Felix y Lenk. Perfil núm. 1 pasa de Palma por Veracruz. Aquí está registrado cerca de las cumbres de Aculcingo la gran fractura oriental, de modo que pizarras paleozoicas están adyacentes al Cretáceo Inferior. Se podía pedir una prueba geológica para la edad de estas pretendidas pizarras paleozoicas. No existe nada de esto, debemos aceptar de buena fé la edad de las capas. Pero en verdad existen en este lugar solamente calizas de Maltrata y pizarras de Necoxtla, es decir, principalmente Cretáceo Medio. El terreno siguiente hacia el E. es mucho más complicado de lo que Felix y Lenk creen; compárese nuestro corte. No se puede pensar en una separación en Cretáceo Inferior al O. de Orizaba y en Cretáceo Superior al E., sino que encontramos en esta última dirección tanto calizas de Maltrata como calizas de Escamela y pizarras de Necoxtla, Cretáceo Superior no hay; la estratificación está muy dislocada, en parte hay pliegues y en parte fracturas.

Perfil núm. 2, pasa desde Veguería sobre Monterrey á Carricitos. En el P. hay pretendidas calizas paleozoicas, pero en éstas Aguilera encontró Desmoceras, Belemnites y varios otros fósiles; estas calizas correspoden á nuestro Cretáceo Medio, y hacia el E. siguen rocas que pertenecen al grupo de Foxhill de los americanos, no se observa aquí nada de una fractura poderosa.

El perfil núm. 3 no da motivo á ninguna observación, porque no prueba nada en sentido geológico.

En el perfil núm. 4 se encuentran pizarras paleozoicas. En aquel lugar existen pizarras con mica que tiene mucha arcilla en su parte superior y se aproximan á pizarras arcillosas. Sobre la edad no se puede decidir ahora, pero tenemos en Guerrero pizarras completamente iguales que contienen, en geodas, fósiles que tienen probablemente una edad jurásica. También las pizarras liásicas del Potrero se aproximan mucho por su aspecto, como sabemos, á aquellas pizarras, pues son pizarras calcáreas y arcillosas muy metamorfizadas.

El perfil núm. 5 no necesita explicaciones.

Otra hipótesis defendida particularmente por aquella escuela geológica ya mencionada, es la de que los volcanes están situados sobre fracturas. Esta tiene tan pocos fundamentos como la otra antes expuesta; se apoya generalmente sólo en volcanes principales, que están más ó menos en una línea y se descuidan los volcanes secundarios. Hoy día ya se ha llegado á tal falta de exactitud, que se concluye por la simple existencia de formaciones volcánicas, en la existencia de fracturas y en fracturas de una extensión considerable. No niego de ningún modo que en las fracturas, masas volcánicas salgan ó hayan salido, pero en cada caso se debe dar la prueba. Esta hipótesis tiene que sufrir por la misma razón que la antes mencionada. Basándose en mapas malos en escala pequeña se han construído grietas volcánicas en países distantes. En la Italia meridional se ha probado ya que entre el Etna y el Vesubio falta toda conexión por una grieta en línea recta. No se ha podido mostrar aún que entre los Campos flegreanos y el Vesubio exista alguna conexión. Si se pretende que los volcanes están situados sobre una fractura poderosa, se debe dar la prueba para la existencia de esta fractura y si es posible en las rocas sedimentarias. Donde esta prueba no se ha dado, no se debe hablar de la fractura como realmente existente. Pero esto es el caso con la pretendida grieta transversal en el borde meridional de la Mesa de México, no se ha traído absolutamente ninguna prueba para la existencia de la grieta. Esta prueba debía ser llevada muy fácilmente en la región entre Cuernavaca y Tehuacán, porque allí hay casi exclusivamente rocas sedimentarias, en las cuales la demostración de una fractura gigantesca no podía ser muy difícil. Afortunadamente la región ya está estudiada en detalle por Aguilera, él no ha encontrado un vestigio de una gran fractura transversal; todas las fracturas tienen el rumbo de cerca de N. 30° W., y también los pliegues. Tampoco hay dislocaciones mayores que en otras regiones de esta parte de México, como se debía suponer si dos fracturas extremadamente grandes se cruzaran allí.

La reunión de los volcanes de México por líneas es totalmente arbitraria, porque Humboldt y también Sapper llegan á otros resultados diferentes de los de Felix y Lenk. Sería un trabajo meritorio el tratar de reunir los volcanes en todas las direcciones posibles en forma de un mapa; lo que nos daría un cuadro particular. En el trabajo de Felix y Lenk faltan algunos volcanes, otros se han descuidado en la construcción de las líneas. A estos últimos pertenece singularmente La Malinche, que después del Pico de Orizaba, el Popocatepetl y el Ixtaccihuatl, es el más importante y más considerable volcán de México. Si la teoría de Felix y Lenk es exacta, á saber, que los más importantes centros de erupción están situados allí donde se cortan dos sistemas de grietas, necesariamente La Malinche debía estar sobre tal cruzamiento, lo que no es así según el cuadro comparativo de Felix y Lenk. De esto se ve cuán arbitrariamente están construídas las líneas de reunión. En verdad todas las montañas volcánicas en el S. de México tienen el rumbo de cerca de

N.W.–S.E. y los volcanes están situados sobre anticlinales como sobre sinclinales y sobre los flancos de ambos. Es verdad que Felix y Lenk niegan la existencia de orogénesis por plegamiento en México y atribuyen los pliegues á efecto de las fracturas. Pero éstas debían ser unas fracturas muy particulares que podrían causar el plegamiento en un terreno que tiene la anchura de cosa de 500 kilómetros, porque así es de ancha la parte plegada del S. de México. Es verdad que allí, donde se hallan las calizas de Escamela, hay pocos pliegues, pero en vez de éstos hay muchísimas fracturas. Pero las capas cretáceas y jurásicas debajo de las calizas de Escamela y también las pretendidas pizarras paleozoicas están casi siempre muy plegadas. Esta convicción se puede obtener por un viaje rápido á través de México. Desgraciadamente nuestros conocimientos actuales no son tales que podamos decidir si hay una sola ó algunas cadenas geológicas debajo de la cubierta secundaria de la Mesa Central. Según los datos que conozco hasta ahora, concluiría en la existencia de dos ó tres grandes cadenas. El estudio de este problema está reservado para el futuro más próximo. En cada caso nuestros datos son suficientes para el reconocimiento de que la Mesa Central posee una montaña que le sirve de base, sedimentaria, bien modelada, y que la forma de mesa es debida á ulteriores rellenamientos de los valles.

Diremos solamente unas cuantas palabras sobre la llamada zona de lagos. Al N. del borde meridional de la Mesa encontramos una zona de lagos extremadamente bajos con la dirección E.S.E.–W.N.W. Felix y Lenk explican la formación de estos lagos bastante bien. Las depresiones han sido rellenadas y cerradas por material volcánico, principalmente tobas, y estas cuencas cerradas se han rellenado con agua de lluvias y de manantiales. Pero no puedo entender la conexión entre esta zona de lagos y la pretendida fractura transversal. Si existiera una conexión entre ellas, la zona de lagos debería estar en la región del hundimiento al N. ó al S. de la pretendida fractura ó sobre esta misma y con más probabilidad al S. por ser según ellos esta la porción hundida al formarse la grieta transversal. Si estas hubieran sido cuencas tectónicas, tendrían también una profundidad considerable como los lagos de los Alpes. En ningún caso la zona existente de lagos estaría en conexión directa con la pretendida línea de fractura; pues que para esto no se podrían encontrar conclusiones por la existencia de la zona de lagos. Mucho más importante sería un estudio sobre la cuestión si los sedimentos de los lagos fueran levantados desde el período Cuaternario.

Hemos tenido que ocuparnos un poco más extensamente de las opiniones de Felix y Lenk porque éstas no corresponden á las verdaderas condiciones y no obstante ya han pasado desgraciadamente á obras de texto como la Geología de Lapparent. Es verdad que hasta ahora la opinión de los dos autores era casi la única conocida por la prensa. Si se consideran las opiniones de Felix y Lenk en su aspecto total, se inclinaría uno á la creencia de que ellos querían apoyar la hipótesis del tetraedro de Green[1] demostrando la

1 Lowthian Green, Vestiges of the molten globe. London 1873.

existencia de la fractura de torsión en la América Central. Green supone como se sabe que la parte firme de la tierra tiene la forma de un tetraedro y que éste se ha torcido en la parte ecuatorial, por cuyo fenómeno él explica la separación en dos partes de los continentes. No es este lugar para entrar en la discusión de esta hipótesis, pero desearía mostrar la posibilidad de encontrar una conexión entre esta hipótesis y los esfuerzos de Felix y Lenk para demostrar la existencia de una gran fractura transversal.

Resumiremos en pocas palabras los resultados obtenidos:

La montaña del S. de México es una masa tectónicamente homogénea, es decir, una montaña formada por plegamiento.

El principio de la orogenia en el P. data del Cenomaniano, en el E. del Senoniano, pues la parte occidental es la más antigua.

El levantamiento principal es en el Terciario, de manera que las calizas de Escamela ya estaban destruídas en parte por erosión; teniendo la rigidez y el espesor de las rocas una gran influencia en la tectónica, se debe suponer, que las partes de las Calizas de Maltrata con plegamiento intenso, son regiones donde la erosión ya obraba antes del levantamiento principal.

El cambio en el rumbo de los estratos se debe referir á la circunstancia de que la fuerza orogénica tiene efecto no sólo perpendicularmente á la dirección longitudinal de las montañas, sino también perpendicularmente á la anchura.

La Mesa Central de México es un fenómeno totalmente secundario y no debe ser referido á grandes fracturas laterales (no es caballete (Horst)), sino que se formaba por el rellenamiento de los valles más altos de la montaña antigua, por masas de rocas eruptivas, arenas volcánicas y aluviones modernos. Donde los valles no están rellenados, es decir, donde faltaban las erupciones, la pendiente parece más rápida, porque los sedimentos se hunden por fracturas en escalera hacia el E. y el O.

En el O. de México hay actualmente un movimiento invasivo; en el E. un movimiento evasivo; expresiones que hemos elegido, en vez de positivo y negativo, porque ahora geográficamente se denomina positivo lo que está sobre el nivel del mar, negativo lo que se halla debajo de dicho nivel.

ROCAS ERUPTIVAS.

El Sr. Ezequiel Ordóñez, petrografista del Instituto Geológico, ha tenido la bondad de examinar las rocas eruptivas de Orizaba, y de su estudio me ha comunicado los resultados siguientes:

Las rocas eruptivas que se encuentran en contacto con las formaciones sedimentarias de las cercanías de Orizaba, vienen ya bajo la forma de corrientes, ya como diques diversamente orientados. Las corrientes de lavas descansan frecuentemente sobre lechos más ó menos gruesos de brechas ígneas de la misma naturaleza petrográfica que las corrientes, y representan, á nuestro modo de ver, y en atención á su carácter más vítreo, los productos primeramente arrojados en cada paroxismo, teniendo algunos de los grandes fragmentos de las brechas el aspecto de las bombas.

Entre las rocas de las corrientes y las de las brechas hay, como decimos, idéntica composición mineralógica, que conviene á la de las andesitas augíticas de piroxena. De estas rocas citamos la de la corriente que viene en la Estación de la Bota, del Ferrocarril Mexicano, en la bajada para Orizaba, de color rojizo manchada de negro; está constituída por un magma amorfo escaso, con escurrimiento fluídeo marcado por las hileras de finas microlitas de oligoclasa básica y numerosas cristalitas de augita alteradas en productos ferruginosos, que dan á la roca su coloración. Granos pequeños de óxido negro de fierro se hallan también esparcidos en el magma. De la primera consolidación sólo vemos en estas rocas muchos cristales de augita de 3 á 5 mm. de longitud, ya aislados, ya agrupados en nidos, y uno que otro cristal de labrador. En algunos lugares de esta corriente, la lava se encuentra en lajas delgadas de color gris, muy compactas, y de carácter muy vítreo, pues el magma amorfo es abundante; las microlitas de oligoclasa muy pequeñas, y la augita conserva la forma cristalítica del principio de la desvitrificación. Aquí los elementos de primera consolidación casi no existen.

La corriente de "La Bota" se prolonga hasta el camino de Zapotla á Maltrata y hasta la barranca de Maltrata; lugares en donde la roca tiene este mismo aspecto al microscopio.

Un carácter vítreo más acentuado nos ofrecen los fragmentos que forman las brechas ígneas y casi son verdaderas obsidianas, de color negro y con marcada tendencia á la estructura conchoide. Las microlitas de plagioclasa son muy pequeñas y la augita viene como en la roca anterior.

Es de interés observar la semejanza de estas rocas con las lavas del Pico de Orizaba, que son también andesitas augíticas un poco más básicas que las de "La Bota." El magma de muchas de las lavas de dicho gran volcán es de color pardo muy globulítico con microlitas de augita numerosas y microlitas de oligoclasa de pequeño ángulo de extinción en la zona de alargamiento. El labrador y la augita son los elementos de la primera consolidación.

En cuanto á las rocas que se encuentran en diques, casi todas pertenecen al grupo de los basaltos, y estos son, con toda probabilidad, de edad posterior á la de las andesitas en corrientes, que acabamos de citar. Las muestras que tenemos de las rocas basálticas en diques, proceden del camino de Maltrata á Boca del Monte, de la hacienda del Encinal cerca de Nogales y del Rancho de Cuxtitlán al S. de Maltrata. Todas las muestras son de color negro agrisado, ó negro, y compactas. En su masa se distinguen los granos de olivino verdoso que contienen comunmente en abundancia, con excepción del de la Estación del Ferrocarril de Boca del Monte en el que son raros estos cristales. Esta roca tiene pequeñas cavidades tapizadas de ópalo, y de tridymita en laminillas agrupadas.

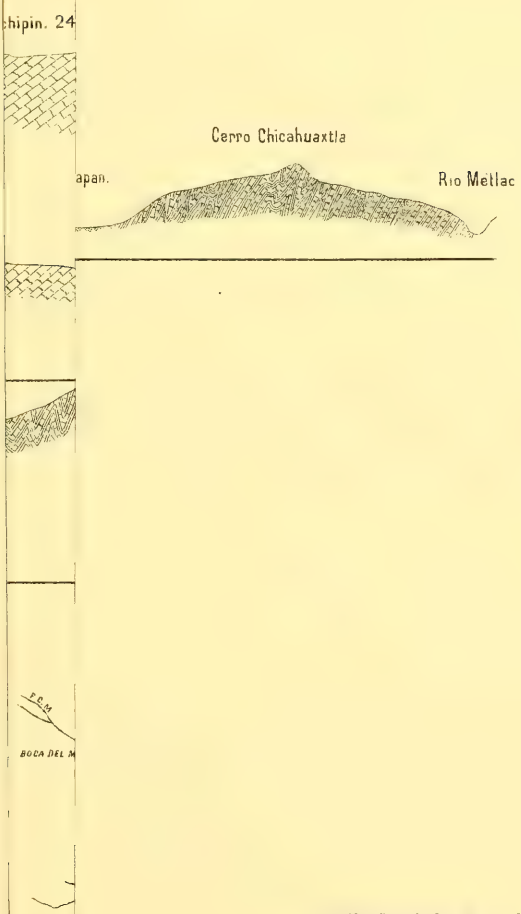
Los basaltos del Encinal son algo vítreos, en tanto que los de Cuxtitlán, con mucho olivino, son de magma muy microlítico y con mucha augita y óxido de fierro.

La roca del dique en la barranca al N.W. del cerro del Coyote es una andesita augítica vítrea de piroxena.

INDICE.

	Págs.
Introducción	3
Parte estratigráfica	5
1. Pizarras de Necoxtla	5
2. Calizas de Maltrata	6
3. Calizas de Escamela	8
El Cretáceo de Orizaba	11
Condiciones tectónicas	19
Parte hidrográfica y orográfica	31
Sobre manantiales y ríos de Orizaba	31
Sobre algunas formas orográficas	32
Sobre el origen de la Mesa Central Mexicana	38
Rocas eruptivas	51

BOLETIN NUM. 13.



LITEM. MOREAU SUCS MEXICO.

550.6

SECRETARIA DE FOMENTO, COLONIZACION É INDUSTRIA.

BOLETÍN

DEL

INSTITUTO GEOLÓGICO DE MÉXICO

NUM. 14.

LAS RHYOLITAS DE MEXICO

PRIMERA PARTE

MEXICO
OFICINA TIP. DE LA SECRETARIA DE FOMENTO
Calle de San Andrés número 15.

1900

BOLETIN

DEL

INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO.

Núm. 1.—Fauna Fósil de la Sierra de Catorce, por A. del Castillo y J. G. Aguilera.—1895—56 pp., 24 lám.

Núm. 2.—Las Rocas Eruptivas del S.O. de la Cuenca de México, por E. Ordóñez.—1895—46 pp., 1 lám.

Núm. 3.—La Geografía Física y la Geología de la Península de Yucatán, por C. Sapper.—1896—58 pp., 6 lám.

Núms. 4, 5 y 6.—Bosquejo Geológico de México.—1897—272 pp. 5 lám.

Núms. 7, 8 y 9.—El Mineral de Pachuca.—1897—184 pp., 14 lám.

Núm. 10.—Bibliografía Geológica y Minera de la República Mexicana por R. Aguilar y Santillán.—1898.—158 pp.

Núm. 11.—Catálogos sistemático y geográfico de las especies mineralógicas de la República Mexicana, por José G. Aguilera.—1898.—158 pp.

Núm. 12.—El Real del Monte, por E. Ordóñez y M. Rangel.—1899.—108 pp., 26 lám.

Núm. 13.—Geología de los alrededores de Orizaba, con un perfil de la vertiente oriental de la Mesa Central de México, por Emilio Böse. —1899.—54 pp. 3 lám.

Núm. 14.—Las Rhyolitas de México (Primera parte), por E. Ordóñez. —1900.—78 pp. 6 lám.

EN PREPARACION:

Núm. 15.—Las Rhyolitas de México. (Segunda parte).

Núm. 16.—El carbón de piedra en México.

Carta Geológica detallada de la República Mexicana.

ESCALA DE 1:100,000.

HOJA N. 1: ZUMPANGO.—HOJA N. 2: PUEBLA.—HOJA N. 3: MEXICO. HOJA N. 4: APAM. HOJA N. 5: ORIZABA.—HOJA N. 6: TEHUACAN.

INSTITUTO GEOLÓGICO DE MÉXICO.

DIRECTOR, JOSÉ G. AGUILERA.

LAS RHYOLITAS DE MÉXICO

POR

EZEQUIEL ORDOÑEZ

MÉXICO

OFICINA TIPOGRÁFICA DE LA SECRETARÍA DE FOMENTO

Calle de San Andrés núm. 15 (Avenida Oriente 51.)

1900

CON la descripción de la extensa familia de las *rhyolitas* que damos en el presente trabajo, tenemos la intención de publicar de tiempo en tiempo estudios sobre las rocas eruptivas mexicanas, comenzando por aquellas que tienen una más amplia distribución en el país, que son sin duda las rocas neovolcánicas.

El crecido número de ejemplares y de preparaciones microscópicas con que cuenta ya el Instituto Geológico, nos permiten emprender este trabajo, que tiene, entre otros muchos objetos, el de uniformar la nomenclatura petrográfica en México y el de dar á conocer la grande variedad que de cada familia de rocas se conoce en el país.

El aumento casi constante de nuestras colecciones petrográficas, al que contribuyen no sólo los miembros del Instituto, sino también muchas personas interesadas en estudios mineros y que ocurren á nosotros para obtener la clasificación, nos facilitará los medios de ir completando sucesivamente nuestras descripciones; y así, poder trazar un cuadro de todas las especies de rocas y de sus variedades, dentro del sistema de clasificación más adaptable á su conjunto.

Son dignos del mayor interés, además del estudio micrográfico, la distribución geográfica de las rocas eruptivas y las condiciones generales de su yacimiento. Por tanto, consagramos un capítulo especial á cada una de estas materias que envuelven en sí un problema geológico de los más importantes.

I

Notas históricas.—Subdivisiones principales de la familia de las rhyolitas. Caracteres macroscópicos de las rhyolitas. Distribución geográfica de las rhyolitas en México.

Es bien sabido por todos, que en el territorio mexicano ocupan extensas áreas las rocas eruptivas terciarias, las que se han presentado en una sucesión cronológica bien definida, cuyos términos hemos tratado de establecer,[1] escogiendo aquellos representantes que por su constancia de composición y caracteres, hasta donde es posible establecerlos en vista de las clasificaciones modernas, y por los múltiples puntos de contacto que tienen entre sí las rocas, son sin embargo bastante característicos para servirnos de ellos como puntos de partida para referir todas las especies intermediarias que resultan, bien de la heterogeneidad de las masas interiores de donde han emanado las rocas á la superficie, bien de la diferenciación de un solo magma por cambios de carácter físico y por lo tanto también de modificaciones químicas.

La predominancia de ciertos elementos químicos en las rocas, los minerales que las constituyen y la estructura, han servido de fundamento á la mayor parte de las modernas clasificaciones; fundamentos en cierta manera racionales, cuanto que ellos nos dan á conocer algo del estado de los magmas intracorticales, ya que no las fases de la sucesión como en un principio se creyó. La consideración del modo de presentarse de las rocas á la superficie, la edad, juntamente con otros caracteres de importancia secundaria, constituyen las variantes de las distintas escuelas de clasificación petrográfica.

Si juzgamos por la estructura, las rocas porfídicas ó microlíticas tienen una predominancia absoluta en la serie de rocas neovolcánicas de México; y si atendemos á la composición, aquellas que tienen un exceso de sílice son muy abundantes, aunque no lleguen á ocupar la primera categoría, que queda reservada á las rocas de mediana proporción de sílice. (Familia de las andesitas.)

Segregadas definitivamente del muy extenso grupo de rocas microlíticas, las rocas con sílice libre, en 1861 por los estudios de Roth y V. Richthofen en Hungría, no tardaron en seguir notas importantes, sobre todo en los Estados Unidos del Norte, que demostraron hasta qué punto se hacía necesaria tal subdivisión y cuán deficientes eran los primitivos métodos de observación. Los interesantes trabajos de Richthofen y de Zirkel en el Oeste de los Esta-

1 "Boletín del Instituto Geológico de México," núms. 4, 5 y 6, 1896.

dos Unidos, inauguraron, por decirlo así, en aquel país, la serie de estudios que se prosiguen hasta nuestros días y de los cuales han sido los principales autores C. King, Emmons, Wh. Cross, Iddings, Hague, Russell, Turner, Becker, etc., y tantos otros que con este motivo han dado también descripciones é ilustraciones más ó menos vivas y elocuentes, de los paisajes pintorescos que adornan las regiones montañosas de Nevada, de Utah y de Oregón, en donde abundan las rocas de que nos vamos á ocupar.

Se comprende desde luego el interés inmediato y la preferencia que hemos dado á los trabajos hechos sobre el particular más allá de la frontera; bien penetrados de aquellas descripciones de carácter puramente micrográfico, nosotros hemos visto pasar por el campo de nuestro microscopio los mismos tipos, las mismas formas, las mismas variedades, y hemos quedado sorprendidos á primera vista de tan estricto parentesco, y convencidos una vez más de la unidad que reina entre ciertos elementos del relieve de la América del Norte, ó más particularmente del Oeste de los Estados Unidos del Norte y algunas de las Sierras mexicanas.

Por otra parte; la grande familia de rocas modernas con sílice libre, "las rhyolitas," tal como ha sido establecida en todas las clasificaciones recientes, es quizá, á nuestro juicio, una de las más bien deslindada á despecho de los múltiples aspectos de sus individuos; prueba de ello es la facilidad con que son reconocidas generalmente aun sín el auxilio del microscopio y la semejanza que tienen los tipos de muy diversas procedencias, tanto de Europa como del resto del mundo, y que han patentizado los admirables y pacientes trabajos bibliográficos de Zirkel y de Rosenbusch en sus *Lehrbuch der Petrographie*, autores que habremos de citar frecuentemente en nuestro estudio.

Los primeros ilustres viajeros que como el Baron de Humboldt pusieron los cimientos de la geología nacional con del Río y otros, siguiendo el ejemplo de Europa, abarcaron con la palabra "pórfido" á la mayor parte de las rocas con estructura microlítica y aun microgranítica de colores claros. Posteriormente la denominación de "pórfido traquítico" creada por Beudant, restringió un poco la latitud de la primera, y entonces tomaron este nombre la mayor parte de las rocas silizosas según hemos podido comprobar identificando las localidades citadas por otros exploradores y mineros. Ya Humboldt en el Ensayo Político, distingue de los pórfidos, entre otras subdivisiones: los que tienen base vítrea, y así los llama, pórfidos de base de piedra pez (Real del Monte), que corresponde á nuestras retinitas; pórfidos de base de perlita (Real del Monte), y señala independientemente el vidrio con la vieja palabra de "obsidiana" (Cerro de las Navajas) [1].

Los estudios geológicos en México de las primeras décadas del siglo XIX

1 Describe "pórfidos con feldespato vidrioso empotrados en una masa de petro-sílex, jade," etc.

Distingue en Pachuca y Real del Monte los pórfidos de base arcillosa que contienen á las vetas, de los pórfidos de base de piedra pez, que tienen empotrada la obsidiana en "mantos y riñones."

se hicieron de preferencia sobre las regiones mineras más ó menos florecientes en aquella época, algunas de las cuales muestran muchas variedades y predominancia de rocas eruptivas. En muchos de esos lugares no escasean las rhyolitas en la forma de apófisis elevados y más ó menos fantásticamente desgarrados por la erosión (Bufas de Zacatecas, de Guanajuato, Peñas del Jacal, etc.), en donde pudieron observarse las rocas ácidas con caracteres especiales; pero los notables fenómenos de alteración sobre las rocas subyacentes de menor monto de sílice original y la silicificación de estas mismas rocas realizada en momentos de la formación de las ricas vetas minerales allí existentes, debió ocultar por mucho tiempo, no sólo el verdadero origen de estas rocas sino aun independerlas de las otras de edad más moderna y con caracteres no fáciles de distinguir para separar localmente unas de otras.

Así vemos como Burkart en la relación de sus viajes en México, publicada en Stuttgart en 1836, al hablar de las rocas de las Bufas del Mineral de Guanajuato les asigna un origen metamórfico; error no censurable si se atiende á la dificultad que existe para distinguirlas de la serie de capas de tobas de origen ígneo-acuoso y de areniscas que les sirven de base.

Igual carácter sedimentario les asigna Virlet d'Aoust á las rhyolitas de Guanajuato, guiado, como en otros lugares donde él observó la misma clase de rocas, de la notable regularidad y horizontalidad de los gruesos bancos que afectan la forma de capas. No es de extrañar tampoco las ideas de este sabio geólogo francés pues que fué ardiente partidario de las teorías neptunianas; pero algo se avanza en el verdadero conocimiento de su origen cuando dice que estas rocas, (que á veces las llama gros-porphyres), coronan á las formaciones metalíferas de México. Virlet d'Aoust fué también uno de los primeros que distinguió algunas de nuestras rhyolitas con el nombre de "pórfidos cuarcíferos," palabras que fueron de un uso corriente en México entre los geólogos de este país hasta en los momentos de introducir el microscopio y que se hicieron conocer los estudios micrográficos de Fouqué y Michel Levy. Otras veces aquel autor llama á las rocas porfídicas, "pórfidos traquíticos," incluyendo también aquí á las rocas de sílice libre. Cuando habla de las rocas del Real del Monte, distingue, como lo hizo Humboldt, un grupo de rocas como pórfidos metalíferos. Algunos pórfidos traquíticos, dice Burkart, se distinguen por la mezcla de feldespato vidrioso y las masas de esferolitas; por la presencia de la obsidiana, el pórfido de piedra pez y el ópalo de fuego.

Sin embargo de las confusiones á que daba lugar la deficiente observación microscópica y las transiciones que resultan en las rocas por ciertas acciones secundarias, no pudo escapar á la sagacidad de Humboldt la distinción entre las rocas con sílice libre, hoy rhyolitas, y las rocas verdes, andesitas. Extractamos de una página del capítulo XI del Ensayo Político: "Cual sea la relación que exista entre estos mantos, pórfidos de petrosílex, de piedra pez, de perlita, que muchos mineralogistas los tienen por productos volcánicos, y los pórfidos de Pachuca y Real del Monte y en los cuales la naturaleza ha depo-

sitado masas enormes de plata..... es uno de los problemas más difíciles de cuantos ofrece la geología."

En los archivos de la Comisión Científica de México que vieron la luz en 1867, que contienen la descripción de los interesantes viajes de Guillemin Tarayre se ve que recorrió un "perfil barométrico á través de México," entre San Blas y Veracruz, en el que debió atravesar una grande extensión de rhyolitas en las montañas entre el Pacífico y la Mesa Central; aquel viajero las designa sólo como pórfidos. Guillemin llama igualmente pórfidos traquíticos á las rhyolitas del cerro de las Navajas no distinguiéndolas de las rocas andesíticas del Real del Monte ni de las de los Organos de Actopan.

Posteriormente debieron distinguirse en México, en vista de las necesidades cada vez más crecientes de una formal separación de rocas que aún ofrecían diversas condiciones de yacimiento las más de las veces, ciertos grupos que debieron considerarse esenciales en las rocas efusivas neovolcánicas. Así, se creó el grupo de las "traquitas," rocas de tacto rudo y de colores claros, de las cuales es indudable que algunas, aunque raras, pueden recibir ese nombre aun en la definición de esa familia usado actualmente. En resumen: el nombre de pórfido traquítico, la vieja denominación europea, era el usado para muchas rocas que posteriormente hemos venido á reconocer como andesitas; pórfido cuarcífero para la mayoría de las rhyolitas, y la palabra basalto para las lavas de nuestros volcanes. Como se ve, estas divisiones eran las precursoras de la moderna clasificación, que establece divisiones análogas, basándose, entre otras cosas, en la cantidad de sílice que tienen las rocas.

En los momentos de referir nuestras colecciones á los tipos de la moderna clasificación, tomamos para las rocas ácidas indistintamente los nombres de "rhyolita" y de "liparita," los más usados actualmente. De estos dos términos, creados respectivamente por Richthofen y por Roth (1860–1861) y del de "quartz-trachyte" usado con frecuencia por Rosenbusch para todo el grupo, nosotros hemos adoptado la palabra "rhyolita," tanto porque el uso dió á este nombre la preferencia, cuanto por denotar en general un carácter de estructura que es frecuente en estas rocas y á la vez ser el término más usado en los Estados Unidos del Norte, región donde estas rocas son más abundantes de toda la América.

Nota.—Siendo muy poco rico el idioma español en términos de la literatura científica, tropezamos á cada paso con algunas dificultades en el uso de las nomenclaturas. Aquí, por ejemplo, hemos vacilado al adoptar la escritura que debiera mejor convenir á la palabra ,'rhyolita," pues que la radical se escribe lo mismo en la mayor parte de las lenguas y además no queremos desvirtuar la forma de su escritura original. Pero hay que notar que esa forma no se aviene á la escritura de la lengua castellana y que en España se escribe simplemente "riolita" (Com. Map. Geol. Esp.)

Nosotros, poco consecuentes esta vez con nuestra lengua, respetando la escritura de la palabra en el idioma en que fué creada y por uniformidad de la nomenclatura, escribiremos siempre "rhyolita" como lo hemos hecho anteriormente.

Subdivisiones principales de la familia de las rhyolitas.

Para el estudio que nos hemos propuesto de la extensa y muy distribuída familia de las rhyolitas, nos es indispensable establecer de una vez las subdivisiones á que pueden dar lugar los múltiples aspectos de estas rocas, dependientes en gran parte de cambios en la estructura ó de estado más ó menos avanzado de cristalización de su magma.

No podemos en ningún caso, en vista de los documentos que poseemos, hacer aquella división que con toda cautela formula Rosenbusch cuando distingue en estas rocas, las que llevan como cristales de primera formación el sanidino, las que tienen la albita ó bien feldespatos más básicos; y sólo nos concretamos á estudiar las rhyolitas de sanidino que pueden contener á veces, juntamente con este feldespato y de manera accesoria, sea la albita, la andesina ó el labrador y que no traen con su presencia, ningún cambio, como sucede en las panteleritas, que caracteres nuevos en la roca han originado su separación. Podrán existir estas variedades ó especies, pero nosotros no las hemos conocido todavía en México. No sólo, no hemos tenido ocasión de comparar las rhyolitas como lo han hecho la mayor parte de los petrografistas europeos, con las otras rocas porfídicas con sílice libre de edad preterciaria, llamadas "quartz-porphyr" ó pórfidos cuarcíferos, porque ó bien, como es muy probable, estas últimas rocas son raras en el país, en vista de la pequeña extensión de formaciones paleozoicas en México ó que todavía no haya sido posible distinguirlas por la semejanza de sus caracteres con los de las rocas de igual composición y aspecto, neo-volcánicas.

Concretándonos, pues, á la descripción de las rhyolitas que llevan como feldespato dominante el sanidino, y una cantidad de KO y de NaO casi igual ó en pequeño exceso NaO, tenemos que adoptar para la división los mismos términos y grados adoptados por la mayoría de los autores, no trayendo nosotros, como es de esperarse, nada nuevo en esta parte.

Si las rhyolitas, como todas las rocas porfídicas ó microlíticas consisten de una mezcla de pasta ó magma amorfo con cristales incipientes (cristalitas), cristales en vía de formación (microlitas) y de cristales completos formados antes de la efusión de la roca; parece natural que mediando una composición química muy constante, la cantidad relativa de magma y de cristales de primera consolidación sirvan de base á una primera división. A esto equivale el pensamiento de Richthofen cuando crea el término de "nevadita" que supone, lo que no es lo más frecuente en el grupo de las rhyolitas, que los elementos de primera generación dominan en la roca sobre el magma del segundo tiempo de consolidación. Ahora; el estado más ó menos cristalino de este magma define las subdivisiones: un magma que tiene la composición semejante á la de un feldespato, como todo el magma de este prupo mezclado

con cuarzo ya casi granulítico ó microgranulítico es el de las *nevaditas* propiamente dichas; cuando la pasta es petrosilisosa, la roca recibe el nombre de *feldsonevadita*, y si es vítrea el de *hialonevadita*. Estas variedades son muy raras y aun dudosas en nuestras colecciones.

Siguiendo por su orden las subdivisiones generalmente adoptadas, toca su lugar á las que llaman específicamente liparitas y que nosotros nos permitimos llamar *rhyolitas propiamente dichas* por la restricción ó poco uso que hemos dado en México á la palabra liparita. Este grupo se caracteriza por la abundancia de un magma feldsítico ó microfeldsítico y materia amorfa, que muestran huellas generalmente muy claras de escurrimiento fluidal, reconocibles por bandas frecuentemente sinuosas y diversamente coloridas que se desvían cuando encuentran, como es frecuente, cristales de primera formación. Aquí, como en el grupo siguiente, hay formas de cristalización incipiente, que no existen ó no son frecuentes al menos en el grupo de las nevaditas. Estos son las agregados esferolíticos ó esferolitas, producto de la desvitrificación de los magmas feldsíticos. Y no son frecuentes en las nevaditas porque parece que mientras más abundan los fenocristales en estas rocas menos hay lugar á formación esferolítica, sin que esto llegue á ser una ley general. Entre los elementos de primera consolidación de las rhyolitas, unas veces domina el sanidino, otras veces es el cuarzo y por último estos dos minerales pueden existir más ó menos en la misma cantidad, pero esto no es bastante ni es necesario para hacer una subdivisión. La rareza de fenocristales juntamente con un magma desvitrificado ó mejor casi homogéneo microfeldsítico, da lugar á los tipos llamados "feldsita" y "microfeldsita" ó *litoidita*. La feldsita es algunas veces producida por acciones secundarias sobre rocas de otra clase, como sucede entre nosotros en algunas regiones mineras. Rhyolitas litoides ó *litoiditas* abundan en México en corrientes y parecen caracterizar á las más jóvenes erupciones.

La tercera división de la familia de las rhyolitas la forman aquellas especies en las que el magma de composición química, análoga á las otras, es amorfo y por ello sin acción sobre la luz polarizada. Rosenbusch las llama "vidrios de liparita" (glass–liparit) y que distinguiremos aquí en conjunto con el nombre de *rhyolitas vítreas*, á falta de un término más preciso. Se subdividen en *retinitas* ó *piedra pez* cuando el magma contiene cierta proporción de agua, en *obsidiana* si es una masa vítrea con menos cantidad de agua, ó un vidrio transparente y generalmente de un color que varía del gris al verde y al negro, de estructura perfectamente concoide y que da aristas muy finas. Todo el mundo conoce la obsidiana, de un uso tan frecuente entre los antiguos mexicanos, quienes fabricaron con ella numerosos utensilios; esta roca abunda en muchas regiones del país. Este mismo vidrio, calcinado, de color blanco amarillento, con numerosas cavidades huecas ó llenas de gas, dá la pómez. Algunos tipos de rhyolitas vítreas se confunden á menudo con los vidrios de andesitas ó andesitas vítreas, por lo que habrá que distinguirlos en la mayor parte de los casos, unos como obsidianas andesíticas, otros

como obsidianas rhyolíticas, etc., como lo hemos hecho á veces en la clasificación de las rocas de nuestras colecciones. Sin embargo, para evitar confufusión reservaremos en lo sucesivo, para hacer característicos los nombres, los términos de retinita y obsidiana exclusivamente para las formas vítreas de rhyolitas.

Hé aquí ya completo el cuadro de las subdivisiones de la familia de las rocas ácidas microlíticas que comprende en una casi perfecta gradación, desde un estado casi enteramente holocristalino de un magma, hasta el estado el más vítreo ó amorfo natural que se conoce. Estas subdivisiones de la gran familia de las rhyolitas reposa esencialmente en la abundancia relativa de los elementos cristalizados durante una primera generación comparada con la cantidad de magma semicristalino ó amorfo de última consolidación. También se funda en el estado más ó menos avanzado de cristalización incipiente del magma feldsítico. No se ha tomado en cuenta la composición química que se supone ser muy semejante en todas las variaciones del grupo ó variar dentro de límites no muy amplios y en atención á que nosotros sólo nos ocupamos aquí de las rhyolitas que tienen como feldespato dominante el sanidino.

Nosotros hemos seguido al hacer nuestras subdivisiones, á la mayoría de los petrógrafos, principalmente á Rosenbusch, quien toma por base de la subdivisión las condiciones que antes dejamos asentadas y que son las mismas con que distinguen sus variedades, Zirkel, Richthofen, Iddings, etc.

Las rhyolitas se dividen por lo tanto en

NEVADITAS.

Felsonevaditas.
Hialonevaditas.

RHYOLITAS PROPIAMENTE DICHAS.

Litoiditas.

VIDRIOS DE RHYOLITA Ó RHYOLITAS VÍTREAS.

Retinita ó piedra pez.
Obsidiana.
Pómez.

Estas últimas presentan á veces un agrietamiento en glóbulos y que se verifica durante el enfriamiento de la roca, dando lugar á una estructura llamada perlítica.

Caracteres macroscópicos de las rhyolitas.

Una vez expuestas las divisiones principales de las rhyolitas, importa conocer aquellos caracteres por los cuales pueden distinguirse fácilmente en la mayor parte de los casos aun macroscópicamente. Se comprende, desde luego, la utilidad de un tal conocimiento, puesto que nos será cómodo reconocerlas sobre el terreno antes de recurrir al microscopio. En los dos primeros grupos ó divisiones de las rhyolitas que hemos establecido, predominan los colores claros, desde el blanco puro que presentan algunas litoiditas (Pachuca, Real del Monte), hasta colores rojo claro y violado de la mayor parte de las rhyolitas propiamente dichas, habiendo todas las gradaciones intermedias del amarillo, del rosa, violado, gris claro, etc.

Muchas de las rhyolitas macizas tienen una dureza superior á la de la mayor parte de las rocas microlíticas por el carácter eminentemente silizoso de su magma, propiedad utilizada en las regiones mineras del país, donde existen estas rocas, empleándolas como piedras de molino (piedras voladoras de Pachuca, Guanajuato, etc.), en las arrastras ó tahonas usadas en los antiguos procedimientos de molienda de los minerales.

El aspecto general de la roca puede ser de los más característicos quizá, excepto el caso en que las rhyolitas tocan los límites de otras familias de rocas, en el supuesto de la fina gradación que existe entre todas las familias, grupos y variedades de las rocas conocidas. Así, por ejemplo; á la simple vista una nevadita puede confundirse fácilmente con una granulita; muchas veces hemos considerado en el terreno como rhyolitas, á dacitas ó andesitas penetradas de cuarzo por acciones secundarias. Pero la frecuencia del cuarzo hialino en cierta abundancia, acompañado casi siempre de feldespato vidrioso empotrados en una masa feldsítica, permite fácilmente descubrir las feldsonevaditas; y aun las hialonevaditas cuando dicha masa presenta el lustre vítreo de la obsidiana ó de la retinita.

Las rhyolitas propiamente dichas no son menos fácilmente reconocibles porque la masa feldsítica, las más veces compacta, tiene la estructura en bandas de fluidalidad paralelas á los planos de escurrimiento de la roca. Estas bandas de diferente coloración y densidad ó compacidad, suelen ser muy finas y presentan el aspecto de un jaspe como es el caso para las rhyolitas de Tula (Hid.), que muestran bandas alternas de color blanco gris y rojo muy sinuosas y no interrumpidas. Otras veces estas bandas anchas y compactas alternan con otras menos duras, esponjosas ó cariadas y con numerosos granos de cuarzo y feldespato como en rhyolitas de la Sierra Madre; otras en fin, macizas y sin bandas, de superficie uniforme, muestran aquí y allá secciones esquinadas de cuarzo y á veces también de algún mineral ferromagnésico de color pardo.

La estructura en masa de las rhyolitas con bandas de escurrimiento presenta tan grande variedad que sería difícil mencionar los múltiples aspectos macroscópicos. Muchas veces sucede que tales bandas muy finas y muy delgadas definen planos de más débil resistencia, y según ellos se dividen las rocas en lajitas muy delgadas. Tenne cita esta exfoliación en las rhyolitas gris azuladas de las Navajas. En hojas tan finas como de un cartón se separan las bandas de rhyolitas de muchas localidades mexicanas, no citando aquí más que aquellas procedentes de cerca de Tequixquiápam.

Más fácilmente son reconocibles macroscópicamente las rhyolitas cuando en su masa hay agregados esferolíticos de dimensiones perceptibles, porque se dejan ver en la superficie las secciones circulares de los esférulos con zonas concéntricas finas de diversa coloración; líneas muy finas obscuras separan á veces unos de otros los esférulos. Las rhyolitas del cerro de Chichíndaro, sumamente esferolíticas, muestran á la simple vista este doble carácter. Cuando los glóbulos esferolíticos son más resistentes que la masa feldsítica en la que vienen empotrados, entonces las rocas al partirse conservan dichos glóbulos completos, de un color distinto del de la masa de la roca. Rhyolitas con grandes esferolitas de las Bufas de Zacatecas dan superficies arriñonadas. En las de San Felipe, en el Distrito de San Miguel de Allende, las esferolitas vienen diseminadas en una toba rhyolítica tan poco consistente, que la desintegración de la roca deja desprender glóbulos duros de todas dimensiones, que se encuentran en abundancia en el terreno. Obsidianas y retinitas esferolíticas dan lugar al mismo fenómeno en las montañas de Apaseo el Alto en el E. de Querétaro. En esta región, las esferolitas enteramente esféricas, de color rojo, se hallan diseminadas en una masa vítrea, negra ó gris, dando un agradable contraste. Las esferolitas se distribuyen á veces en regueros ó hiladas paralelas.

Una superficie uniforme y unida, una estructura concoide y á veces un ligero lustre vítreo caracterizan á las rhyolitas litoides á más de un color bastante claro. Las litoiditas de Yahualica en Jalisco son azul-violadas, las de Real del Monte son blancas, las de los Cubitos en Pachuca tienen la textura y lustre de la porcelana.

Es inútil insistir más sobre los diversos aspectos macroscópicos de las rhyolitas, que un ojo poco ejercitado las puede distinguir. Los vidrios rhyolíticos son tan característicos que no necesitan descripción; las obsidianas varían desde un color negro ó verde obscuro, con bordes transparentes y del aspecto del vidrio (Navajas, Zacualtipam, Juanacate, etc.), hasta naranjadas y rojas con lustre casi de pez y de bordes poco translúcidos (Maravatío).

Las mismas coloraciones tienen la piedra pez ó la retinita, caracterizada por su lustre, sólo que el color que más domina en las retinitas mexicanas es el pardo que tira al negro ó al rojo.

El estudio de las formas que afectan en el terreno las montañas constituídas por rhyolitas así como la estructura en masa de estas rocas, completaría el cuadro de caracteres para la determinación macroscópica; pero esta materia

interesante cabe mejor en la descripción que hacemos adelante de localidades típicas de rhyolitas mexicanas, en donde hemos procurado facilitar la descripción con varias vistas intercaladas en el texto, dando con ellas una idea del aspecto fantástico y gracioso de muchas de nuestras montañas de rhyolitas.

Distribución general de las rhyolitas en México.

Tan ampliamente desarrolladas como están las rhyolitas en el territorio mexicano, ya cubriendo extensiones considerables de terreno, ya esporádicamente, como dijimos al principio, asociadas á depósitos sedimentarios ó subordinadas á rocas eruptivas de otra composición, hay sin embargo una región circunscrita, hasta ciertos límites, en donde estas rocas adquieren grande predominancia, y dan, por decirlo así, al terreno una facies peculiar.

Las rhyolitas se extienden en una parte de la Mesa Central que comprende principalmente el borde septentrional de la región de los modernos volcanes y en la Sierra Madre Occidental, por excelencia eruptiva. En dicha Sierra Madre, las rhyolitas se encuentran desde cerca de la frontera con los Estados Unidos hasta el paralelo 21 de latitud. Al Sur de este paralelo, estas rocas ocupan áreas insignificantes y son muy raras en la Sierra Madre del Sur, sobre todo en sus vertientes del Pacífico, constituída en general por una faja arcaica de granitos y pizarras cristalinas.

Las rhyolitas en la Mesa Central, se encuentran con frecuencia en la forma de apófisis y por lo tanto extendidas en pequeñas áreas. No escasean sin embargo grandes superficies cubiertas de numerosas corrientes, las que adquieren un pleno desarrollo en la Sierra Madre, resultando de aquí una distinción que no reviste una clara especificación, pero que podemos considerar característica.

Se admiten hoy generalmente varias formas de erupción para ciertas familias de rocas, formas sugeridas por las condiciones de sus yacimientos. De estas formas, consideramos aquí las erupciones por grietas alargadas en determinada dirección que corresponde las más veces á la dirección general del relieve de la región, y las erupciones que parten de un centro ó foco que es susceptible de desalojarse. El primer tipo caracteriza de alguna manera á las primeras erupciones terciarias, y entre nosotros á las erupciones del mioceno, de gran interés tectónico por su abundancia. El segundo tipo es casi el único bajo el cual aparecen las lavas de los recientes y contemporáneos volcanes que emiten sobre todo, como es sabido, lavas básicas ó por lo menos de bajo monto de sílice. Pues bien; las rhyolitas de la Sierra Madre se han manifestado al exterior por grietas de considerable longitud, en corrientes que han ocupado inmensas áreas eruptivas ya fuertemente denudadas y que cubren con espesores hasta

de 1000 metros. En los acantilados gigantescos que limitan á largos y profundos cañones, se ven en corte vertical, con admirable regularidad, las numerosas corrientes de rhyolitas, en posición próxima á la horizontal, separadas por bancos gruesos de tobas y de material detrítico, producto de aquellas mismas erupciones. Las rhyolitas de la Mesa Central han salido por angostas y pequeñas grietas, ó por un centro ó boca; han abierto una chimenea y se han derramado al rededor de este punto, dando corrientes inclinadas conforme á la pendiente primitiva; á veces la fuerza eruptiva insuficiente, ha dado sólo origen á mamelones del tipo de los Puys ó á angostas crestas cubriendo la grieta de salida. Podemos reconocer hoy, aun á despecho de la avanzada erosión de los campos de rhyolitas, el carácter explosivo de algunas erupciones que da nacimiento á cráteres de grandes dimensiones en lugares excéntricos al foco principal de actividad y que formaron también cráteres lagos semejantes á los de la Auvernia y del Valle de Santiago, alimentados por aguas profundas calentadas por abundantes fumarolas, que han dado origen á sedimentos de tobas endurecidas químicamente en el fondo de estos inmensos circos, cuyas huellas encontramos al pie de muchos domas llamados en México "Bufas," que despertaron tanto la atención de los primeros que hicieron exploraciones geológicas, siendo aquellas para unos, como Burkart, de origen metamórfico, y para otros, como Humboldt, reconocidos como de origen eruptivo.

Como se ve por estas observaciones y las que expondremos al hablar detenidamente de las rhyolitas, la forma explosiva de las erupciones debe ser tan antigua seguramente como las erupciones por un volcán ó chimenea en el uso estricto de la palabra. Se puede probar en las regiones eruptivas de la Mesa Central Mexicana, que á las erupciones por angostas grietas han sucedido erupciones de volcanes y á éstos formaciones de cráteres de explosión, como el resultado de una disminución de la energía interior y que estos distintos modos de manifestación han tenido lugar no especialmente en lavas de reciente aparición, sino principalmente en rocas eruptivas miocénicas y pliocénicas, de las cuales las rhyolitas han venido á ser en algunas partes el término final, el producto último de una larga serie apenas interrumpida de erupciones y también frecuentemente de sólo paroxismos.

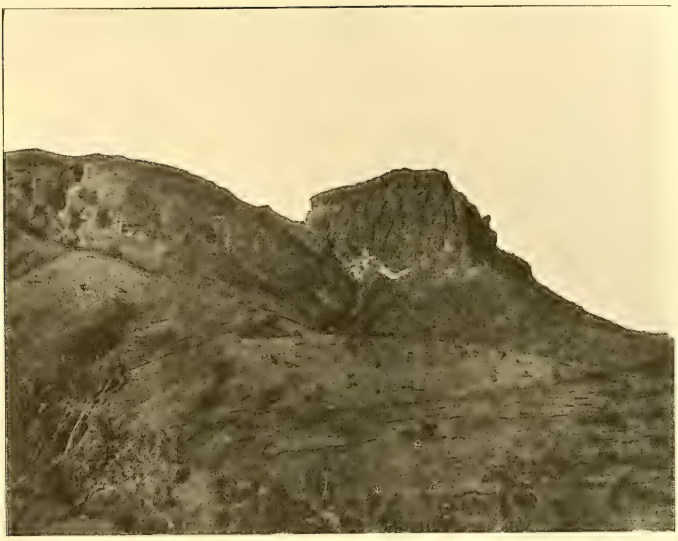
Para dar una idea de la distribución general de las rhyolitas en México, hemos preparado la carta que va al fin de este estudio en la que hemos cubierto con tinta roja las áreas de estas rocas. Muy lejos estamos de haber trazado con grande exactitud dichas áreas, pues no tenemos completo el levantamiento geológico del Oeste de México, pero sí creemos que dista poco de la verdadera área total que las rhyolitas cubren en todo el país. Para la mejor inteligencia de las descripciones regionales y del estudio micrográfico, hemos marcado con números las principales regiones que sirven de referencia al texto y á la lista de localidades que lleva la misma carta. A la simple vista, la carta muestra que las rhyolitas se encuentran en mayor cantidad en la porción septentrional del río de Santiago hasta Durango, desde el poniente de

Zacatecas hasta cerca de las costas, ó sea en la Sierra del Nayarit y sus prolongaciones. Igual cosa puede decirse del espacio al poniente entre Durango y Chihuahua, aunque algo más diseminadas. Independientemente cada área se alarga en la dirección de los valles longitudinales y ocupan de preferencia las cimas de las Sierras. Es indudable que de la faja rhyolítica de la Mesa Central y del Sur de la Sierra Madre, las rhyolitas han desaparecido en muchos puntos debajo del manto de lavas, tobas y cenizas del gran número de volcanes basálticos y andesíticos post–pliocenos que vemos esparcirse con profusión en la Mesa del Anahuac.

En los párrafos siguientes vamos á procurar dar una idea de la estructura general de las rhyolitas en el terreno, del aspecto peculiar que comunican al paisaje, y desarrollar algo más lo que hemos dicho sobre la manera cómo estas rocas se han manifestado al exterior. Hemos elegido para nuestra descripción regiones del país que nos han parecido típicas para mostrar los distintos modos de yacimieuto. De la Sierra Madre occidental ya hemos hecho en nuestro Boletín números 4, 5 y 6, varios cortes transversales, particularmente instructivos desde el punto de vista de la extensión de las rhyolitas. De la Mesa Central hablaremos de las regiones más importantes, con especialidad de campos rhyolíticos inmediatos á los Distritos mineros.

II

LAS BUFAS.



Rhyolita.—La Bufa Grande.—Guanajuato.

Toba rhyolítica.—Una de las Peñas Comadres.—Guanajuato.

Tip. y Lit. "La Europa"—2560

Las bufas de Guanajuato.

Casi tan antiguo como el descubrimiento de los ricos minerales de Guanajuato y Zacatecas es el uso de la palabra "Bufa," nombre con que los mineros designaron á masas de rocas de formas caprichosas que coronan las cimas de algunas eminencias en la proximidad de esos grupos de vetas argentíferas.

Estas montañas así fantásticamente desgarradas no tienen en los dos centros mineros mencionados una altura mayor que la de los cerros vecinos, pero rompen de tal modo la monotonía resultante de las formas arredondeadas que adquieren por erosión las montañas de tan altas cuanto extendidas serranías, que no pudieron dejar de llamar vivamente la atención de los mineros. Pero esta particularidad puramente objetiva no es la única que distingue á estas masas rocallosas acantiladas; desde el punto de vista geológico, el contraste es aún más marcado. En rocas eruptivas se alojan una gran parte de las vetas metalíferas de estos Distritos, de origen eruptivo son también las Bufas y sin embargo la roca de estas últimas nunca se ha visto cruzada por las vetas. El examen petrográfico nos lleva desde luego á establecer las diferencias de carácter mineralógico y el estudio de la sobreposición, la época diferente de su aparición. La roca de las Bufas es de naturaleza rhyolítica, las rocas verdes "metalíferas," como en un tiempo se les llamó, contienen menor cantidad de sílice; por lo tanto en las mismas condiciones de energía de la erosión han sido menos fácilmente desagradables las rocas silizosas de las Bufas y en las que las variantes de estructura y de consistencia, tan frecuentes en esta familia de rocas, dan origen en definitiva á su aspecto caprichoso.

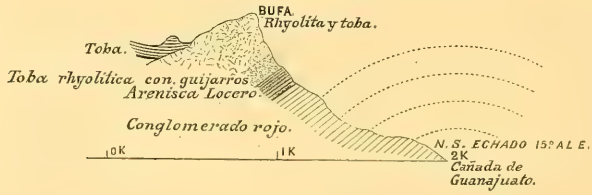
La sierra de Guanajuato y localmente la parte de la sierra que comprende el distrito minero del mismo nombre es geológicamente muy complexa, y ha habido opiniones muy diversas no sólo en cuanto á la edad de las rocas que son de aspectos y naturaleza muy diversas, sino también sobre el origen de algunas de ellas. No entraremos aquí en esta materia difícil, simplemente indicaremos, como lo hemos hecho ya en otra parte, que á las rocas de las Bu-

fas se les ha asignado por unos un origen eruptivo y Humboldt parece sugerir el primero la idea; por otros un origen sedimentario y metamórfico, siendo esta la opinión á que se adapta un escritor contemporáneo, D. Pedro López Monroy[1] en su obra "Las Minas de Guanajuato," quizá adaptando sus ideas á las del Sr. Burkart que escribió en 1836.

El estudio al microscopio de las rocas de las Bufas de Guanajuato y un examen detenido en el terreno, nos revela su origen ígneo-acuoso y aun en partes puramente ígneo.

Las Bufas de Guanajuato (Lám. I) se levantan al S.E. de la ciudad, formando una cornisa elevada al frente de la cañada de Guanajuato y que limita á una meseta elevada de la cual sobresalen las peñas de las Bufas. Esta meseta tiene una altura de 2,350 metros sobre el mar, sus extremos son el cerro de Chichíndaro al E., formado de un excelente tipo de rhyolitas esferolíticas, la Bufa Grande al W. y la de la Yerbabuena al S.W., teniendo estas dos últimas una altura poco más ó menos igual, de 2,385 metros próximamente sobre el mar. Estas dos grandes Bufas están sostenidas por bases de pendiente fuerte, que caen bruscamente á los valles que se abren en el Bajío y están separadas una de otra por la profunda barranca de la Yerbabuena, que corta la meseta desde el cono truncado llamado la meseta de Calderones. La mesa á la que sirven de corniza las Bufas en una extensión de dos kilómetros enfrente de la cañada de Guanajuato, forma parte de un estribo que se desprende de la arista principal de la Sierra en los flancos S.W., que van á limitar el Bajío. La aridéz típica de la región, las fuertes pendientes, los muros acantilados de las Bufas de 40 á 50 metros de altura, permiten con facilidad seguir desde las goteras de la ciudad, el orden de sobreposición de las rocas; y de esta manera asegurarse de que las Bufas ocupan la cima de las formaciones, cubriendo á una parte de sedimentos, con anterioridad desviados de su posición horizontal primitiva.

Al efecto ponemos aquí un corte que muestra la posición relativa de las rocas.



Las Bufas descansan sobre una extensa formación sedimentaria constituída principalmente por un conglomerado rojo de potencia que pasa de 400 metros. Dicha roca en bancos gruesos, ocupa una extensión considerable

1 Pedro L. Monroy.—Las Minas de Guanajuato.—Anales del Ministerio de Fomento.—Tomo X, 1888.

al Sur y al S.W. de la ciudad de Guanajuato formando pliegues muy tendidos descabezados por la erosión. En los lugares donde está tomado nuestro corte, el rumbo de las capas de conglomerado rojo varía de N. á S. hasta N. 45° W. y el echado al N.E. y de 15° cambia poco á poco al E. conservando una inclinación muy constante de 10° en un gran espacio. Muy cerca del pie de las Bufas y á una altura de 2290 metros sobre el mar, ó sea de cerca de 300 metros sobre el centro de la ciudad, el conglomerado va cambiando lentamente hasta transformarse en una arenisca roja primero, y verde de varios tintes después; muy consistente, dividida en capas delgadas y penetrada de cuarzo, lo que le da un aspecto de toba. Suelen encontrarse intercaladas capitas muy delgadas de piedra córnea. Esta serie de capas, designadas con el nombre de *locero* conservan su estratificación enteramente concordante con la del conglomerado y ocupan la parte superior de esta vasta formación. El espesor total del grupo de capas de locero no va más allá de 50 metros.

En brusca transición y en contacto inmediato con el locero, se levantan los acantilados de las Bufas, roca sin estratificación y sin ninguna otra estructura regular. Con una potencia de 80 á 100 metros, esta roca, á veces maciza, á veces poco coherente, de color gris ó más generalmente rosada, ofrece el mismo aspecto y composición. En la fractura fresca, la roca tiene un aspecto terroso en parte semejante al de la pómez. Se distinguen también puntos pequeños negros de mica biotita, la que accidentalmente viene en grandes pilas exagonales; uno que otro cristalito de cuarzo bipiramidado, y por último, cristalitos algo alterados de feldespato.

El aspecto de la roca, su ligereza, etc., muestran inmediatamente el carácter de una toba, de una toba rhyolítica, como se ve claramente en las láminas delgadas. En efecto; en la mayoría de las preparaciones, un magma finamente polarizado y microfeldsítico, acusa su origen detrítico, es decir, de material cinerítico acumulado y consolidado. Fragmentos de feldespato, probablemente albita, se hallan empotrados en el magma, así como cristalitos de cuarzo fuertemente corroídos. La mica ferrífera, de fuerte dicroismo, se halla á veces muy dividida hasta en agujas; y toda la superficie de las preparaciones se ve á la luz natural salpicada de puntos de fierro negro como polvo y manchitas amarillas de alteración, las que quitan la limpidez de dichas preparaciones. Exactamente la misma descripción conviene á la roca procedente de la Bufa de la Mojonera, que suele presentar además englobado en el magma, fragmentos de rhyolita esferolítica y aun pedazos de andesitas alteradas. La roca de cerca de la Bufa Grande, es algo más ligera, más rosada, y sólo muestra el carácter finamente polarizado de la toba y raros fragmentos de cuarzo ó feldespato.

En la base de los acantilados de las Bufas, cerca del contacto con el locero, las tobas rhyolíticas envuelven gran cantidad de fragmentos de rocas de muy diversa naturaleza, con aristas agudas ó arredondeadas, especialmente de granitos de biotita, fragmentos de pizarra, de andesitas, de conglomerado rojo, etc., materiales arrancados indudablemente de la chimenea volcánica du-

rante las violentas explosiones que dieron origen á tan abundantes productos cineríticos. Este es, á nuestro modo de ver, el origen de las tobas que constituyen las Bufas, por más que no sea posible reconocer ahora los lugares por donde pudieron haberse verificado tales erupciones. Este fenómeno de violentas explosiones originando grandes áreas cubiertas de tobas rhyolíticas, ha sido considerado muchas veces como el único capaz de engendrar tales productos de naturaleza rhyolítica. El profesor Turner,[1] al hablar de las rocas de la Sierra Nevada, supone que muchas rocas de naturaleza rhyolítica que cubren en aquellas regiones á los aluviones auríferos eocenos, han sido verdaderas acumulaciones de lodo rhyolítico, otras han caminado como corrientes de lava fundida. Algunas de estas tobas rhyolíticas contienen, como las de Guanajuato, fragmentos aprisionados de otras rocas, y la masa más ó menos vítrea envuelve la plagioclasa, el cuarzo y la mica en fragmentos.

En las lomas de los condados de Calaveras y Amador en California, estas tobas forman los cornisamientos de mesetas. En el Estado de Colorado, en las regiones mineras de Silver Cliff y Rosita Hills, abundan las rhyolitas, que se muestran ya en diques como en corrientes. Muchas de ellas han hecho erupción por grietas, pero también abunda el material detrítico que Whitman Cross[2] supone producido por violentas explosiones y que forma allá acumulaciones de gran espesor; también estas rocas envuelven fragmentos arrancados del primitivo subsuelo (fragmentos de granito, de gneiss, de andesitas, etc.). Podríamos citar más casos, pero estos bastan para demostrar que la forma explosiva de los volcanes de rhyolitas de edad neocena, ha sido tan común casi como en algunos de nuestros volcanes modernos de rocas básicas.

Sobre las tobas rhyolíticas de la alta meseta á la que sirven de cornisa las Bufas, descansa, cubriendo una área considerable, otra toba rhyolítica de color blanco verdoso menos consistente y con excelente estructura columnar. Dicha roca cubre á una parte del cerro de Sirena, la base del cerro de Chichíndaro, el cerro del Meco y otras alturas que sobrepasan la mesa, como la meseta de Calderones, etc. El trabajo de erosión sobre esta roca columnar ha dado formas muy características, citando especialmente las conocidas "peñas Comadres," curioso grupo de rocas casi en el borde de la mesa de las Bufas (lám. I, fig. 2). En esta roca también abundan fragmentos de pizarra, de pómez y de otras rocas, y parece haber escurrido como una corriente de lodo. En parte ofrece el carácter de una verdadera sedimentación en capas delgadas con la textura de una brecha. En la región de Sirena, esta roca descansa directamente sobre el conglomerado, en Chichíndaro sobre las rhyolitas, y al S. de esta montaña, sobre andesitas verdes y aun sobre el *locero*.

Rhyolitas macizas en la forma de domas y de corrientes abundan en la Sierra de Guanajuato, no sólo sobre la cresta principal, sino también en sus

1 Rocks of the Sierra Nevada—H. W. Turner.—Fourteenth Ann. Rep. U. S. Geol. Surv.

2 Whitman Cross—Geology of Silver Cliff, Rosita Hills, Colo.—Seventeenth Ann. Rep. U. S. Geol. Surv., 1895-96.

flancos. Abundan especialmente al N. del cerro del Gigante, cerca de Santa Rosa y en el extremo S.E. de la Sierra, abarcando una extensión considerable. Reaparecen en las cercanías del Mineral de San Luis de la Paz al E. de la Sierra de Guanajuato; en San Miguel de Allende y en otros varios puntos de los flancos meridionales de la serranía. Al Sur de la mesa de las Bufas, en una parte desprendida de la Sierra, llamada Sierra de San Gregorio ó del Chevo, las rhyolitas macizas rodeadas de tobas de la misma naturaleza que la de las Bufas, forman la mayor parte de las montañas de esa región que allí limitan á la llanura del Bajío. Estas rhyolitas son bastante duras para servir de piedras de molino en los arrastres (piedras voladoras). Son de varios aspectos y coloraciones, pero domina el color rojo; tienen una estructura en bandas de escurrimiento y el microscopio muestra el magma feldsítico con numerosas lagunas de cuarzo de impregnación, segregaciones esferolíticas del mismo cuarzo secundario y geodas tapizadas de pequeños cristales de ese mineral.

Hemos llamado ya muchas veces la atención sobre la frecuencia de este fenómeno de silicificación en las rhyolitas y en otras rocas de nuestras regiones mineras, hechos que sugieren la idea de una relación entre las acciones fumarólicas que siguieron á las erupciones de rhyolitas y la formación de los criaderos minerales.

Estas rhyolitas de que hablamos tienen muy pocos cristales de cuarzo primario, y sí mayor número de cristales de sanidino con regueros de inclusiones gaseosas.

En frente de la cañada de Guanajuato se levanta el cerro de Chichíndaro en el extremo de la mesa de las Bufas. Rodeada de andesitas y de tobas rhyolíticas verdosas, la cima, de forma arredondeada, está constituída de un macizo de rhyolitas de color rojo y rosado en bancos gruesos ligeramente inclinados. La base del macizo la forman rhyolitas muy esferolíticas, reconocibles á la simple vista por el tamaño de las secciones de los glóbulos esferolíticos. El microscopio revela una mezcla de magma feldsítico y de magma vítreo incoloro con numerosas aglomeraciones triquíticas alineadas fluidalmente. A la luz natural, los grandes glóbulos esferolíticos dan anillos concéntricos opacos, en donde las aglomeraciones triquíticas están, por decirlo así, concentradas; á la luz polarizada dichas secciones esferolíticas dan una estructura radiante de cruz negra característica. Como elementos de primera consolidación, sólo se encuentra generalmente el sanidino en cristalitos enclavados en el interior de las esferolitas. La estructura esferolítica de estas rocas va disminuyendo gradualmente hacia la cima de la montaña, á medida también que el magma va siendo más puramente feldsítico y con numerosas secciones de cuarzo secundario.

Cerca del cerro de Chichíndaro desaparece el crestón del principal filón de Guanajuato "la veta Madre," y no sería posible demostrar, mientras no se prosigan los trabajos de las minas en esta dirección, si esta montaña fué primitivamente, lo que es muy probable, un canal de erupción rodeado del con-

glomerado y de andesitas verdes, una y otra roca cruzada por vetas argentíferas, ó es simplemente el resto de una gran corriente de rhyolita, como la separación en bancos y la estructura fluídea de la roca parecería demostrarlo. De todos modos, entre las rhyolitas macizas y las tobas rhyolíticas hay la más estrecha relación. Si las primeras vinieron como los productos de volcanes y se extendieron á manera de corrientes, las segundas representan los productos de la última fase volcánica de las rhyolitas, la forma explosiva de las erupciones.

La Bufa de Zacatecas.

Ejemplo excelente de una erupción por grieta, coronando una montaña y en la forma de una cresta aguda y acantilada, nos muestra la Bufa que se levanta en las orillas de la ciudad de Zacatecas, en el borde oriental de la cañada en donde se halla edificada la ciudad. Tales puntos de contacto muestra en su constitución y relaciones geológicas con las otras rocas de la localidad esta cresta y las Bufas de Guanajuato, que pudieran bien avenirse á la misma descripción. En efecto; la base de las Bufas de Zacatecas, como la generalidad de las montañas de esa región, está constituída por una roca verde, que tiene, como la de Guanajuato, los más variados aspectos, ocasionados por las condiciones originales de su erupción, por sensibles variaciones en la composición del magma de donde proceden, por los sucesivos estados de la alteración, y por último, por el metamorfismo engendrado por acciones dinámicas. De todo esto nace una dificultad bien grande para clasificar y definir en términos claros esta roca, que desde un estado enteramente apizarrado que la hace confundir con una roca sedimentaria, se pasa por todos los grados hasta el aspecto franco de una roca maciza de aspecto granítico ó porfiroide, á la que Humboldt llamó syenita. Muchas preparaciones microscópicas hemos hecho con el objeto de determinar el carácter original de estas rocas verdes, y encontramos que es posible asignarles una facies andesítica dominante que llega por el lado holocristalino á confundir sus caracteres con los de la diabasa y el gabro, en tanto que variedades ricas en materia de cristalización incipiente, dan variedades andesíticas ó porfiríticas, algunas tan completamente silicificadas que pueden confundirse con una litoidita, dura y exfoliada como una pizarra, ó rocas sin sílice abundante y terrosas, forma detrítica de estas rocas ó tobas andesíticas.

Estas rocas verdes, decimos, muy alteradas también por acciones atmosféricas, forman la base de las montañas de las Bufas de Zacatecas y sirven también de base á una serie muy denudada de capas de conglomerado rojo, y de areniscas en la parte superior, que no es tan poderosa como en Guana-

Rhyolita.—La Bufa de Zacatecas.—Vista del W.

Rhyolita.—La Bufa de Zacatecas.—Vista del Sur.

Tip. y Lit. "La Europea"—2,1910

juato, pero que debe tener con aquella el legítimo parentesco que Humboldt[1] estableció valiéndose de las observaciones de Sonneschmidt y de Valencia. El conglomerado rojo con fragmentos de rocas graníticas, verdes, y de pizarra negra, tiene una orientación muy constante E.–W., y muestra, como su congénere el de Guanajuato, accidentes en su echado que indican grandes ondulaciones y rupturas que han facilitado poderosamente la erosión dejando solamente á media altura de los cerros de las Bufas, casi insignificantes porciones adheridas en los flancos con una inclinación de 15° al N., contra la pendiente de la montaña. Este conglomerado mioceno, como veremos después, es la roca que se halla en inmediato contacto con la roca de las Bufas, ó más bien con una masa detrítica rhyolítica que en tosca estratificación casi concordante con la del conglomerado, rodea en gran parte á la rhyolita maciza de las cimas.

Tres son los apófisis principales que pueden recibir en Zacatecas el nombre de Bufas, tres partes más salientes de una cresta orientada, N.W., S.E., que forma una especie de cornisa en el borde oriental de la cañada de Zacatecas. De estas masas rocallosas, la del medio es la más alta y á la única que dan el nombre de Bufa (lám. II); está á 220 metros poco más ó menos sobre la iglesia principal de la ciudad de Zacatecas y á 2650 metros sobre el nivel del mar.

Alturas mayores que la de la Bufa se encuentran en la serranía de Zacatecas, y dicha masa rocallosa está fuera del eje principal de este grupo montañoso. Las otras eminencias á un lado y otro de la Bufa son: al N.W. el risco en donde está edificado un templo, la iglesia de la Bufa, y al S.E. el *Crestón Chino*, una decena de metros solamente más bajo que la Bufa del medio. Estas tres partes forman un solo cordón rocalloso de cerca de 1,000 metros de largo, escarpado al W. y de pendiente moderada al E., formado de rhyolitas.

Tan angosta es esta faja rhyolítica comparada con su longitud, que bien pudiera considerarse como un dique, á no encontrar en algunas partes las huellas de una extravasación, sin que ésta haya tenido, por otra parte, la importancia de una corriente en el sentido general de la palabra.

Tan poco marcada es la estructura de escurrimiento en estas rocas, la posición casi vertical y la regularidad de los planos de agrietamiento, y el carácter microscópico en general, que pueden obligar fácilmente á la suposición de que esta roca, llenando una grieta como hemos dicho, ha tenido la fuerza suficiente para llegar á la superficie en estado viscoso, escurrir apenas en partes, y en otras quedarse acumulada arriba de la grieta de salida; pudo acabar de enfriar lentamente y por eso agrietarse con cierta regularidad según planos verticales.

Una débil erupción explosiva engendró la masa de tobas de 40 metros de potencia que yace junto al conglomerado rojo y que suele contener fragmentos de las rocas subyacentes.

1 Humboldt.—Ensayo Político sobre la Nueva España, cap. XI.

Muy pocas diferencias genéticas median entre las Bufas de Zacatecas y el cerro de Chichíndaro en Guanajuato, que ya hemos dicho tiene los caracteres de haber sido un punto de erupción, aunque el hecho no está comprobado. No menos analogías hay con las peñas del Aguila de Real del Monte.

La semejanza de los dos primeros macizos, aun por caracteres petrológicos, no es menos sorprendente y característica, y ello favorece aún más la hipótesis de la forma de erupción. En ambos lugares, las rhyolitas muy esferolíticas yacen en la base de los acantilados, ó para mejor decir, en las partes donde el enfriamiento de la roca debió de ser más lento. Las cimas de la Bufa y de Chichíndaro nos dan rhyolitas más vítreas, casi litoídicas, donde hubo una rápida consolidación final.

Aquellas rhyolitas, de colores rojo, violado y gris, son muy pobres en cristales de primera generación, notándose sólo fragmentos de hornblenda ferrífera desagregada y uno que otro cristal corroido de cuarzo. El magma es finamente feldsítico y no hay huellas de escurrimiento fluidal. El cuarzo secundario abunda á veces en la roca, y se encuentra en gruesas costras en los planos de juntura.

Numerosos apófisis de rhyolitas se encuentran en la sarranía de Zacatecas; casi siempre coronan las cimas de las montañas unas veces en forma de domas ó casquetes de origen análogo á las Bufas, otras veces como restos insignificantes de corrientes que la erosión ha suprimido; y finalmente, como diques. Sucede con frecuencia en aquella región minera que los crestones de las vetas metalíferas tienen la apariencia de simples diques de rhyolitas litoídicas.

Generalmente las litoiditas son blancas ó ligeramente rosadas y suelen pasar á rhyolitas propiamente dichas con algunos cristales de cuarzo y sanidino de primera consolidación. En muy pocos casos se descubre una clara estructura de fluidalidad, aun para aquellas masas de rhyolitas que pudieran haber cubierto á las rocas verdes en la forma de extensas corrientes.

La serranía de Zacatecas presenta topográficamente un enlace directo con la Sierra Madre occidental, sirviéndole de intermediario la Sierra de las Palomas y la Sierra Fría, en donde las erupciones rhyolíticas han desplegado ya una actividad comparable á la de las partes centrales y elevadas de la Sierra Madre. Dejamos, pues, la descripción de esta región para cuando tratemos especialmente de las rhyolitas del W. de México, no menos importante desde el punto de vista geológico y petrográfico.

La Bufa de Real del Monte (cerro del Aguila).

Con el típico nombre de bufa podremos distinguir las peñas rhyolíticas

Rhyolita.—La Bufa del Real del Monte.—Cerro del Aguila.

Tip. y Lit. "La Europea"—1910

El Pico de Bernal.

del cerro del Aguila[1] en el Real del Monte, no sólo por ofrecer una forma característica saliente en aquella región, sino aún por hallarse en la proximidad de un centro minero, y por venir las rocas cubriendo é interrumpiendo á las rocas andesíticas en las que arman los criaderos minerales. Estos son los caracteres distintivos de lo que los españoles del siglo XVI llamaron bufa.

En nuestro estudio del "Real del Monte," hemos descrito también las tobas rhyolíticas que rodean á las rhyolitas macizas y que pueden compararse á las que yacen sobre las rhyolitas macizas de la serranía de Guanajuato. Las rocas silizosas, las feldsonevaditas del cerro del Aguila, no parecen haberse extendido en la forma de una gran corriente, sino más bien haber llenado una ancha grieta, como en el caso de las otras masas rhyolíticas que tienen la forma de bufas, principalmente la de Zacatecas.

La Bufa de Mascota.

Aunque es nuestro propósito estudiar en un capítulo aparte las condiciones generales bajo las cuales se presentan las rhyolitas en la Sierra Madre occidental mexicana, tenemos que citar aquí otras localidades importantes de rhyolitas, de dicha Sierra Madre, pero cuyas condiciones geológicas son en todo semejantes á las que caracterizan á las bufas, y aun muchas de ellas han recibido este nombre. Por ejemplo, la "Bufa de Mascota," alta montaña coronada de un grueso acantilado rhyolítico, que se levanta á más de 2,500 metros de altura sobre el mar, en las estribaciones occidentales de la importante Sierra de Mascota, que con rumbo N.–S. se alza escarpada desde las cortaduras del río de Ameca por el Norte, y que se prolonga por el Sur hasta juntarse con la Sierra de Cacoma, en frente de la parte más avanzada de las costas del Pacífico en el Estado de Jalisco.

La región montañosa que sirve de soporte á la Bufa de Mascota, situada más ó menos sobre el paralelo 21°.40 de latitud, es una de las más pintorescas del Estado de Jalisco, no sólo por su accidentación, pero aun por la abundante vegetación y por su altura sobre el mar. Es además importante desde el punto de vista mineral. La Bufa se halla situada en frente de la bahía de Banderas y como á 60 kil. del litoral. Las ramificaciones occidentales del macizo descienden rápidamente hacia las costas, permitiendo al observador, situado en la cima del acantilado rocalloso, el contemplar el magnífico panorama extendido á sus pies, hacia las costas del Pacífico. La prolongación meridional de la Bufa no es menos grandiosa cuando se penetra en las anfractuosidades de la Sierra, hacia las regiones mineras del Desmoronado y Bra-

1 Bol. del Inst. Geol. de Méx. "El Real del Monte," núm. 12, 1899.

mador, erizadas de picos graníticos que sobresalen de enmedio de la formación de pizarras cristalinas.

Siempre el carácter de las Bufas es el contraste de las formas, y una misma parece ser la cronología y naturaleza de las rocas subyacentes. Aquí como en las otras regiones con bufas, las rocas andesíticas verdes son la base de los macizos rhyolíticos. En los flancos del Norte de la Bufa de Mascota, las andesitas se extienden casi hasta las márgenes del río mencionado, y arman en ellas las vetas argentíferas que forman el grupo del mineral de los Reyes. Al N.W. de la misma Peña el grupo de vetas de San Sebastián, arman en estas andesitas fuertemente silicificadas para poder recibir el nombre de dacitas; y por último, al pie de la Bufa, existe un antiguo mineral, el Real Alto, con un poderoso filón que arma en dacitas que pasan á rhyolitas y á brechas rhyolíticas como las de la cima de la Bufa. De aquí resulta, pues, que este macizo rhyolítico no depende propiamente de una erupción completamente independiente de las andesitas subyacentes é inmediatas, sino que su naturaleza proviene de la diferenciación de un magma andesítico, y que se ha presentado al exterior en erupciones por grietas.

Es indudable que al fin de las emisiones de estas rocas hubo erupciones de carácter explosivo, con material, que acumulado en las crestas de las montañas, les dan hoy el aspecto de apófisis, á fuerza de un trabajo enérgico de erosión.

El estudio microscópico de las rocas de la región permite seguir fácilmente los cambios de aspecto de las andesitas. Estas, en el Mineral de los Reyes están muy alteradas en la proximidad de las vetas; las rocas allí á veces contienen sílice individualizada de origen secundario por penetración. Las alteraciones, aunque muy intensas, no hacen desaparecer enteramente el carácter microlítico andesítico del magma. A medida que se asciende hacia la Bufa, así como en el Mineral de San Sebastián, cerca de las vetas que se trabajan en las minas de "Quiteria," muestran un aspecto dacítico y aun pasan á brechas rhyolíticas; y en el Real Alto, al pie de la Bufa, dacitas muy cargadas de sílice y brechas rhyolíticas forman la caja de las vetas. Tobas rhyolíticas de color gris rojizo, brechas rhyolíticas conteniendo fragmentos de andesitas, y rhyolitas francas, forman el macizo de la Bufa, sin que pueda observarse una demarcación precisa entre estas rocas y las dacitas y andesitas, que son las rocas dominantes de esta parte de la Sierra de Mascota.

Las Bufas del Estado de Chihuahua.

En un gran número de distritos mineros de la Sierra Madre encontraremos las rhyolitas como en la Bufa de Mascota, sobre todo en el Territorio

de Tepic, y en los Estados de Durango, de Sinaloa y de Chihuahua. De este último Estado mencionaremos principalmente las Bufas del Septentrión, las del Mineral de Morelos, de Urique, las que coronan las cumbres de Jesús María, las de Guadalupe y Calvo, las de Pinos Altos, etc., sin contar los muros colosales rhyolíticos poco desprendidos de las extensas mesas y corrientes de rhyolitas de las que en otra parte nos ocupamos.

Estos ejemplos que acabamos de pasar en revista, son suficientes para demostrar que las rhyolitas ocupan en la serie de rocas neovolcánicas un lugar bien determinado, es decir, que hay una relación bien marcada entre ellas y las rocas que han hecho erupción con inmediata anterioridad y con las cuales están á veces íntimamente ligadas. Siempre son las rocas andesíticas y las dacitas las rocas inferiores, y casi frecuentemente unas y otras se encuentran en inmediato contacto ú ofrecen los intermediarios que resultan de su consanguinidad.

Por lo visto, muy larga é interesante sería nuestra enumeración si pudiésemos dar un cuadro completo de los sitios de México que nos presentan rhyolitas francas, tobas y brechas rhyolíticas que han hecho erupción por grietas, ó que venidas á la superficie en la forma de corrientes, la erosión sólo nos ha dejado girones escarpados, de poca extensión, que cubren á las andesias, á las dacitas; y éstas pasando insensiblemente á rhyolitas. Es curioso que estas rocas, sobre todo cuando tienen la primera forma de erupción, se hallan en la proximidad de regiones metalíferas. Ya dijimos que en Tepic, en Jalisco, Sinaloa y Chihuahua, á cada paso nos encontramos esta asociación que ha venido á ser un hecho verdaderamente característico en el país, en donde los criaderos argentíferos armando en rocas eruptivas andesíticas son tan numerosos.

Si comparamos las condiciones geológicas de estos yacimientos con muchos de los del Oeste de los Estados Unidos del Norte, principalmente de los Estados de Nevada, de Utah y de California, encontramos la más completa similitud, con esta sola diferencia: que en muchas regiones, las rocas andesíticas en las que descansan allá las rhyolitas, están á su vez apoyadas sobre variados sedimentos, frecuentemente paleozoicos que á nosotros nos son casi desconocidos en nuestras regiones mineras.

Warren Tower y Smith,[1] al describir la región minera de Tintic en Utah, citan rhyolitas y andesitas descansando sobre estratos carboníferos y establecen la consanguinidad entre las rhyolitas y las andesitas de esa localidad.

En Silver Cliff y Rosita Hills, las andesitas y rhyolitas vienen apoyadas en granito y gneiss, como se muestra en los mapas de Wh. Cross.[2]

1 Warren Tower y Smith.—Geology and Mining Industry of Tintic District of Utah.—Nineteenth Ann. Rep. U. S. Geol. Surv. 1897–98.

2 Wh. Cross—Geology of Silver Cliff and Rosita Hills–Seventeenth, Ann. Rep. U. S. Geol. Surv. 1895–96.

En el importante Distrito de Eureka, en territorio de Nevada, Hague[1] describe las rhyolitas y las andesitas yaciendo sobre depósitos carboníferos.

Las rocas sedimentarias en las que apoyan nuestras andesitas en las regiones mineras, no son más antiguas que del mezozoico (Guanajuato, Zacatecas, etc.), y muchas veces las rhyolitas suelen venir en las cimas denudadas de depósitos neocenos, exactamente como en la Sierra Nevada,[2] en algunos distritos mineros auríferos del Idaho, y como en la isla de San Clemente en las costas de California.[3]

Quizá podamos comparar el conglomerado rojo eoceno de los montes Wasacht, en el que descansan las rhyolitas en aquella región de Utah, con el conglomerado rojo y areniscas que vienen debajo de las rhyolitas de Guanajuato y Zacatecas, pues que tienen caracteres semejantes. Sin embargo, nuestros conglomerados son un poco más modernos que los de aquella región americana.

De todo esto se deduce que tan profusamente diseminadas como están las rhyolitas en una inmensa faja de la América del Norte y localmente tan aglomeradas, por decirlo así, en un sinnúmero de puntos de las Sierras mexicanas, hay que suponer, como dice Hague[4] al hablar de la Gran Cuenca, "como una unidad, toda la energía eruptiva que dió á luz este solo tipo de rocas."

Hay que pensar en un gran período rhyolítico terciario en el país, lo mismo que hablamos de una inundación basáltica post-pliocena en la parte meridional de la gran mesa mexicana.

Del estudio sucinto que acabamos de hacer de las Bufas mexicanas y de otras regiones con rhyolitas á las que morfológicamente se les puede aplicar el mismo nombre y la enumeración de regiones de Norte América muy semejantes desde varios puntos de vista también morfológicos, y más que eso genéticos, resultan las dos consecuencias importantes ya iniciadas y sobre las cuales desde hace tiempo se ha llamado la atención; la primera es la del lugar que ocupan las rhyolitas en la sucesión cronológica de las erupciones de rocas volcánicas, establecida más ó menos satisfactoriamente por Richthofen, por King, Iddings, Hague y otros, y que ha dado lugar á brillantes elucubraciones hipotéticas sobre la condición de los magmas internos de donde han emanado las rocas. La segunda es una relación más ó menos directa entre las erupciones de estas rocas rhyolíticas, los fenómenos fumarólicos conexos y la formación de las vetas minerales, relación supuesta por muchas autoridades y á la cual nosotros nos hemos siempre adaptado. Esta correlación, tan natural como á primera vista parece, en las regiones mineras con rocas rhyolíticas, hasta hoy no ha podido ser demostrada de una manera evidente.

---

1 A. Hague—Geology of Eureka District, Nevada. Mono. XX. U. S. Geol. Surv.

2 H. W. Turner—Rocks of the Sierra Nevada—Fourteenth Ann. Rep. U. S. Geol. Surv.

3 Sidney S. Smith—A Geological skecht of San Clemente Island—Eighteenth Ann. Rep. U. S. Geol. Surv. 1896-97.

4 Hague A.—Op. cit.

Una corriente de rhyolita.—La Trinidad.—Tequixquiapam.

Acantilados de rhyolita.—La Trinidad.—Tequixquiapam.

Tip. de "La Europa" 22,170

III

LAS NAVAJAS.

Tomamos aquí el nombre de "Las Navajas" para toda la región S.E. de Pachuca, en donde abunda una variedad de rhyolitas litoides y las obsidianas. Hacemos uso de tal nombre porque es bien conocido de todos los petrógrafos desde que Humboldt habla en el "Ensayo Político" de los pórfidos de base de perlita y de las obsidianas del *cerro de las Navajas;* rocas que han sido posteriormente descritas con escrupulosidad por Tenne[1] haciendo uso de los mismos ejemplares colectados por aquel viajero, y que se conservan, al decir de Tenne, en el Museo Real de Berlin.

Pocas regiones de México nos presentan un grupo clásico de rocas ácidas donde se pueda percibir tan claramente las transformaciones á que dan lugar la desvitrificación de un magma rhyolítico y los cambios originados por las condiciones de enfriamiento de las rocas; pues desde un tipo litoídico de roca que es el dominante y muy uniforme, hay lugares en donde se pasa por una serie de transiciones al vidrio rhyolítico más perfecto, á una obsidiana desprovista de todo indicio de desvitrificación, como el mismo Tenne observa.

Por el momento no nos ocuparemos más que de dar una idea del aspecto de las montañas que colectivamente designamos como las Navajas, región que ofrece al viajero los más grandes atractivos, no sólo por la sinuosidad de los perfiles, sino aun por la exuberancia de la vegetación desplegada en los rincones de aquella parte de la serranía de Pachuca, levantada en general sobre llanuras secas cubiertas de los productos de recientes aparatos volcánicos que esporádicamente la rodean.[2]

1 C. A. Tenne—Ueber gesteine von cerro de las Navajas, México, Z. d. G. G. 1885, XXXVII, pág. 610-620.

2 La Sierra de Pachuca, sobre la Mesa Central Mexicana, orientada de N.W. á S.E., limita una buena parte de la región N.E. de la cuenca de México. Tiene aproximadamente 43 kil. de longitud y es muy importante desde el punto de vista mineral. Estudios de carácter geológico é industrial han sido publicados en algunos Boletines del Instituto Geológico.

El Mineral de Pachuca—Bol. del Inst. Geol. de Méx., núms. 7, 8 y 9.

El Real del Monte—Bol. del Inst. Geol. de Méx., núms. 11 y 12.

La región rhyolítica de la Sierra de Pachuca comienza, puede decirse, desde las cercanías del Real del Monte, en donde los cerros del Aguila, formados de rhyolitas, limitan el rico Distrito Minero. Desde aquí también el aspecto de las montañas cambia hacia el S.E., cuando los pórfidos metalíferos de Humboldt, las andesitas de piroxena en que arman las vetas, se pierden debajo de las tobas andesíticas que la erosión ha revestido de formas tan grotescas en las Peñas Cargadas, al pie sur del cerro del Aguila y en las peñas del Guajolote, un poco más allá, ó bajo las corrientes de rhyolitas con acantilados de estructura columnar que se extienden en una superficie de varios kil. cuadrados.

La Sierra de Pachuca consta en general de una arista sinuosa y elevada de la que se apartan contrafuertes y ramificaciones más ó menos importantes, pero que suelen llevar eminencias de mayor consideración que las del eje de la Sierra. Al S.E. del Real del Monte, dicho eje lleva entre otras de sus principales cimas, los cerros de los Ingleses, 3,500 metros, y el ya citado cerro de las Navajas, 3,212 metros, del que Humboldt habla con especialidad. De estas cimas elevadas, desnudas en su parte superior, se desprenden hacia el E. aristas transversales separadas por barrancas abruptas y profundas, revestidas de vegetación. Las aristas agudas se terminan las más veces por picos aislados ó domas rocallosos y por mesetas sostenidas por gruesos acantilados que apoyan en taludes de fuerte pendiente que van á morir á los valles donde toma nacimiento el cañón de Regla y la Barranca, que surcan á extensas mesetas basálticas.

De aquellos acantilados enormes y cornisas, que tan bien rompen la monotonía de las formas arredondeadas de las montañas inmediatas, citaremos las principales, que son: las peñas del Jacal (lám. V), á las que Humboldt asigna una altura de 3,124 metros sobre el nivel del mar; la Peña del Aguila, 3,300 metros, y por último, la meseta de Providencia que muestra un largo muro rocalloso de más de 60 metros de altura, levantado casi á pico.

No menos interesante que las formas del terreno son los aspectos de la estructura en masa de las rhyolitas litoides. Las montañas de formas arredondeadas como las Navajas y sus vecinas, ofrecen en sus partes desnudas de las cimas y en las crestas que las unen, una bien desarrollada estructura de escurrimiento producida durante el enfriamiento de la roca. Las bandas de escurrimiento, diferenciadas fácilmente por el distinto grado de compacidad del magma de la roca y por los diversos tonos de su color gris azulado, se encorvan y se contornean de muchos modos, ofreciendo á veces en un largo trnyecto una serie de ondas y sinuosidades desde muy pequeñas hasta de gandes dimensiones. Esto es particularmente visible en la aguda cresta que liga los altos cerros del espinazo de la Sierra con las peñas del Jacal, en donde las superficies de escurrimiento están inclinadas hacia la barranca, que muestra la sección transversal de dichas bandas. Allí donde las corrientes de la lava rhyolítica han caminado sobre una superficie que tiende más á la horizontal, dicha lava afecta en un gran espesor la estructura columnar casi

Peña del Jacal.

Columnas de Rhyolita.—Región de las Navajas.

perfecta que se observa en los grandes acantilados mencionados. Las columnas, adheridas las unas á las otras, tienen por lo general una sección que se aproxima más á la de un círculo que á la de un polígono, y de diámetro que varía de algunos decímetros á varios metros. Las bandas de fluidalidad de la roca, transversales á las generatrices, se acusan por superficies de división, ó bien por simples ensanchamientos de los troncos de columnas como partes más resistentes á la erosión y por consiguiente lugares más densos de las corrientes. Columnas aisladas de pocos metros de altura se encuentran á veces, y entonces puede apreciarse esta forma que reproducimos en la figura 2, lámina V.

No todas las corrientes tienen tal estructura columnar, y puede decirse que ésta es clara y completa en las corrientes superiores y en la parte superior de algunas de ellas. No siempre es posible deslindar cada corriente, aunque el espesor total del manto rhyolítico pueda estimarse de 350 á 400 metros.

Por más que exista una grande uniformidad en la roca litoide que domina en toda la región, no podemos pensar en una erupción por grietas como el medio por el cual estas rocas han venido á la superficie, caso único admisible para las rocas andesíticas subyacentes que forman la masa principal de la Sierra de Pachuca, y aun para las feldsonevaditas del cerro del Aguila en la vecindad del Real del Monte, y que son el resultado de la diferenciación del magma andesítico.[1]

Más modernas las rhyolitas de las Navajas que las feldsonevaditas del Real del Monte, aquellas no tienen aparentemente un parentesco magmático con las andesitas. La forma de sus erupciones parece que se adapta más á la de verdaderos volcanes, uno ó varios centros de erupción cuya situación no sería posible hoy identificar. Las graciosas peñas del Jacal y del Aguila, el espinazo de Providencia, etc., puntos prominentes, no son más que fracciones de corrientes que formaban una gran meseta de más de 3,500 metros de altura y que la erosión ha surcado dejando restos aislados.

Abajo de las rhyolitas litoides gris-azuladas que tienen estructura columnar (Jacal), ó bandas sinuosas de escurrimiento (Navajas), de las que tan buen estudio microscópico hizo Tenne, vienen rhyolitas también grises, muy esferolíticas, conteniendo á veces numerosas litofisas.

La regularidad de las corrientes de rhyolitas azuladas se modifica en algunos lugares, esencialmente cuando junto con este tipo de roca se manifiestan otras formas de desvitrificación; y en este caso, tales lugares podrían considerarse como próximos á centros de erupción. Así por ejemplo: en la base de un gran acantilado, no lejos de la peña del Jacal, encontramos las litoiditas gris-azuladas pasando insensiblemente á rhyolitas muy esferolíticas, como las de la base del cerro de las Navajas. En estas rocas, las esferolitas se ahuecan, la roca cambia de color en partes, dejando ver claramente numerosas

1 El Real del Monte—Bol. del Inst. Geol. de Méx., núm. 12, pág. 32, 1899.

litofisas. En los espacios en donde á despecho de la abundante vegetación, hay desnudas grandes superficies de la roca, se observa que en el sitio donde abundan más las litofisas la roca muestra numerosas entalladuras como canales por donde han debido escaparse vapores que han alterado más ó menos profundamente á las rocas. Dichos canales, de unos cuantos milímetros de diámetro hasta de algunos decímetros, dan á veces en su superficie una estructura que podría compararse á la de las litofisas. Otras veces, superficies muy cariadas de las rocas, indican también cavidades irregulares por donde los desprendimientos gaseosos se habrían verificado, disolviendo y arrastrando partes de la roca. Observamos en las paredes de algunas cavidades esféricas, una costra de ópalo hialino; estas cavidades fueron el sitio de grandes esferolitas.

Hemos visto también canales de desprendimientos gaseosos en las litoiditas sin esferolitas y que tienen una superficie aspera y fibrosa como la de la pómez, aunque dura y cuarzosa como la de los esqueletos de esferolitas.

Hay, pues, aquí para nosotros pruebas inequívocas de que el origen de las litofisas de que hablamos es en parte secundario y debido á una disolución de una parte de los silicatos de las esferolitas y del magma por vapores y aguas calientes de *las fumarolas*. También se observa que dichas litofisas son pobres en minerales cristalizados, pues no se encuentran más que cristales de cuarzo y tridymita. Desgraciadamente no hemos podido identificar los sitios de donde tomó Humboldt las muestras de obsidiana en las que descubrió Rose la fayalita y mencionó los otros minerales, pues tales litofisas pueden ser de formación anterior á la completa consolidación de la roca,[1] mientras que en el caso muy especial que nos ocupa, la formación de canales de escape de vapores que interceptan á veces á las grandes esferolitas, suponen ya un estado completo de consolidación de la roca. La formación de las litofisas siguió inmediatamente á la consolidación como lo supone en rocas americanas Wh. Cross.

Mr. T. P. Iddings, al hablar de las litofisas de Obsidian Cliff en el National Park, las supone formadas un poco antes de la consolidación definitiva de la roca, aludiendo pruebas de irrecusable justicia.

En casos en los que las rocas ofrecen alteración ó descomposición química, el mismo autor acepta la idea de que la formación de esferolitas ahuecadas (litofisas) proceden de un ataque por la acción solfatárica ó por aguas termales.[2] Hay en México rhyolitas con litofisas (Cerro Mercado, Durango; Tequixquiápam, etc.), que si presentan los caracteres de haber sido producidas antes de la completa consolidación, exactamente como en Obsidian Cliff, según lo habremos de mostrar en otra parte.

Las rhyolitas con litofisas de las Navajas dan al microscopio una estructura micro-esferolítica en casi todo el magma que las forma.

1 Un estudio más completo de las litofisas se encontrará en la descripción sistemática de las rhyolitas, segunda parte de este libro.

2 T. P. Iddings.—Nature and origin of Lithophysæ. Am. Jour. of Sc. XXXIII, January, 1887, pág. 40.

De gran importancia para el estudio del origen y época de formación de las litofisas es el hecho de que tales esferolitas ahuecadas sólo existen en la región de las Navajas en aquellos lugares en donde por la variedad de los productos volcánicos se presume la proximidad de un centro de erupción, y por lo tanto, la existencia de fumarolas. En las corrientes regulares de rhyolitas grises azuladas que han escurrido con cierta tranquilidad para dar una estructura columnar casi perfecta, jamás hemos encontrado en ellas las litofisas. En el grande acantilado, cerca de la Peña del Jacal, de donde proceden las rocas esferolíticas de que nos ocupamos, se pueden observar cambios que demuestran un estado tumultuoso de erupción, cambios muy bruscos en el aspecto de las rocas. En efecto, de las rhyolitas grises litoídicas se pasa sin transición á grandes tramos de rhyolitas esferolíticas con litofisas y canales de escape de vapores. Nuestros mejores ejemplares de litofisas proceden de la proximidad de estos canales. Entre estas rocas macizas se interponen á veces masas irregulares de tobas delesnables y también blocks enclavados de forma irregular, de una roca muy vítrea, de color pardo y con el lustre de la piedra pez ó de una perlita. Cintitas de litoidita azul alternan con masas de esta roca vítrea.

No muy distante de este lugar que muestra así tan bruscos cambios, encontramos grandes masas de la piedra pez en cuyos intersticios y en las grietas de contracción por enfriamiento se ven costras de azufre muy puro que han pretendido explotar aunque sin éxito. Del mismo modo se observa el azufre en las oquedades y grietas de las rocas cerca de las fumarolas frías en el fondo del cráter del Popocatepetl. Iddings encontró también pequeñas cantidades de azufre en los huecos de las rocas de Obsidian Cliff.[1]

No cabe, pues, duda de que en aquella región hubo una acción fumarólica prolongada; las superficies cariadas de las rocas, las esferolitas ahuecadas, los canales, la descoloración parcial de las rocas, etc., son fenómenos que dependen en gran parte de los desprendimientos de gases y vapores á través de la masa de las rocas. Iddings observa con razón que las esferolitas huecas causan la impresión de haber sido ahuecadas por un "agente corrosivo."

En la región de las Navajas abunda también la obsidiana como hemos dicho, aunque nunca se haya visto allá en grandes masas ó en corrientes. Los lugares en donde de preferencia se encuentra, son: la falda occidental de la Peña del Jacal y en la Barranca llamada del Milagro, cerca del cerro de las Navajas. La obsidiana se presenta en grandes masas arredondeadas empotradas en una especie de toba amarilla más ó menos consistente. Dichas masas de obsidiana se hallan envueltas por una costra formada de capitas concéntricas de un vidrio descolorido y semi-calcinado que pasa á veces hasta al color y la textura de la pómez, en donde se dejan ver impresiones esféricas ó los glóbulos esferolíticos que abundan en la roca. Viniendo la obsidiana solamente en los lugares donde existen la tobas y la calcinación que han

1 Op. cit.

sufrido en la periferia tales fragmentos de vidrio rhyolítico, prueban que han sido lanzados al exterior durante explosiones volcánicas quizá al fin de las erupciones ó de paroxismos, pues tales tobas cubren á las corrientes de rhyolitas gris-azuladas. Las masas de obsidiana pudieron haber llegado á la atmósfera, ya enteramente frías ó más ó menos en estado de viscosidad, como lo indican las formas contorneadas de algunos de los muchos fragmentos que se hallan por doquiera desparramados en aquellas montañas y que recuerdan por su aspecto el de las bombas volcánicas. Por lo tanto, la obsidiana, habiendo venido durante los últimos momentos de la acción volcánica de las Navajas, durante el período explosivo de erupciones, parece representar el residuo del magma que dió origen á las enormes corrientes de lavas rhyolíticas de la región; que tal residuo de magma, venido de partes profundas de un lacolito y subdividido durante las violentas explosiones ocasionadas por la tensión de gases y vapores y lanzados los fragmentos por la chimenea volcánica, han debido enfriarse tan rápidamente que no permitieron la segregación de elementos cristalinos, y sí, en muchos de los fragmentos, una abundancia extraordinaria de vesículas gaseosas en la masa de la roca. Estas burbujas gaseosas son tan abundantes en muchas de las bolas de obsidiana, que en los ejemplares que de ellas tomamos dan en su superficie un lustre especial, sedoso, debido á la reflexión de la luz sobre las innumerables y pequeñísimas burbujas.

La obsidiana de las Navajas tiene el aspecto clásico y el carácter más perfecto del vidrio rhyolítico, con su color en masa verde botella, transluciente en los bordes, textura concoide perfecta, etc. El microscopio hace ver que este vidrio presenta á veces la forma incipiente de cristalización y otras la limpidez absoluta del vidrio. Hay obsidianas con inclusiones triquíticas ó con globulitas; también hay obsidianas grises con numerosas longulitas alineadas fluidalmente y esferolitas y litofisas empotradas en el vidrio.

Independientemente de la región de las Navajas existen en la Sierra de Pachuca otros puntos en donde están las rhyolitas en la forma de corrientes. Citamos desde luego las que se encuentran entre la ciudad de Pachuca y el pueblo de Cerezo,[1] que han escurrido sobre andesitas verdes de piroxena. Las corrientes de lava rhyolítica se reconocen allí fácilmente. Esas corrientes se han ido depositando sucesivamente, de modo que hoy forman una serie escalonada. Estas rhyolitas, esferolíticas en su mayor parte y de color rosado, están cortadas por diques de rhyolitas con caracteres poco diferentes de la rhyolita en corrientes.

En el Mineral del Chico y cerca de los Organos de Actopam, también se presentan las rhyolitas, pero á veces como una modificación de andesitas cuarcíferas ó dacitas, silicificadas posteriormente.

---

1 El Mineral de Pachuca.—Bol. del Inst. Geol. de Méx., núms. 7, 8 y 9.

IV

OTRAS REGIONES RHYOLITICAS

DE LA MESA CENTRAL

Como en la Sierra Madre occidental, en la Mesa Central existen también áreas muy extensas ocupadas por rocas ácidas pero bajo condiciones diversas de relieve. Bien sea por el grande espesor de los sedimentos post–pliocenos que rellenan á los valles, bien por la mayor importancia en superficie que en espesor, las corrientes de rhyolitas de la Mesa, no forman por sí solas grandes alturas relativas.

Extensiones tan considerables de rhyolitas sólo parecen tener por forma de erupción volcanes ó chimeneas que han permitido la salida á grandes masas de rocas muy fluidas, y por eso muy extendidas en delgadas corrientes sobrepuestas en número variable, pero muy surcadas y subdivididas á causa de la erosión por largo tiempo ejercida. Si en la Mesa Central las rocas basálticas y andesíticas, producto de una energía volcánica extraordinaria, nos ofrecen una cierta localización tal como se observa en su región meridional, dándole por eso un sello característico, ya dijimos que las rhyolitas hasta cierto punto tienen también un campo propio y una región que les es peculiar, aunque no con la misma persistencia que las rocas basálticas. Dichas áreas rhyolíticas más ó menos discontinuas, forman una zona encorvada que se enlaza al Occidente con las rhyolitas de la Sierra Madre, y termina por el Oriente en los contrafuertes de la Sierra Madre oriental, con las obsidianas esporádicamente diseminadas en los Estados de Puebla y Veracruz y que no todas podemos demarcar en nuestro mapa. La zona rhyolítica de la Mesa Central bordea á los grandes valles del Sur de dicha Mesa y se desparraman hasta la parte casi central. Las vemos, por lo tanto, en el Estado de Zacatecas, en el de Querétaro, de Guanajuato y en las sierras inmediatas á San Luis Potosí. La zona de rhyolitas toca por el Sur la región de los volcanes basálticos y andesíticos como en Acámbaro, Maravatío, cerca del Valle de Santiago, Huichapan, Pachuca, etc. Las lavas de estos volcanes han escurrido en muchos puntos sobre campos de rhyolitas y de tobas como en León, en la cañada de Hércules en Querétaro ó en las cercanías de Tequixquiapam.

Esta región de Tequixquiapam es la que hemos escogido para mostrar el aspecto general de las áreas rhyolíticas centrales de México y que tiene el doble interés de ser muy extensa y típica. Además, las rhyolitas de este Distrito contienen englobados en su masa los ópalos más finos mexicanos, que han tenido en estos últimos años buena aceptación en los mercados americanos.

Las rhyolitas de Tequixquiápam se extienden desde las colinas que limitan al E. el valle amplio de San Juan del Río hasta algunos kilómetros al Oriente de la ciudad de Cadereyta, en el propio Estado de Querétaro. El río que pasa cerca de San Juan, labra desde aquí su cauce hacia el Oriente sobre estas rocas, las que abandona cuando comienza á hundirse en las escabrosidades de la Sierra Gorda, al Sureste de Cadereyta, en donde las aguas, cavando su lecho en calizas y pizarras cretáceas plegadas, han producido las profundas cortaduras y cañones que se admiran entre Cadereyta y Zimapán.

Poderosas corrientes de lavas andesíticas casi recientes, acumuladas unas sobre otras cerca de sus centros de erupción, han formado los cerros de Santa Rosa que se levantan al Sur del valle de Tequixquiápam, apoyando sus lavas sobre las rhyolitas. Justamente en esta población desemboca un ancho valle tributario del río de San Juan, valle poco profundo bordeado por colinas en forma de mesetas, de las que á veces sobresalen tetillas, especie de "necks" rhyolíticos. Valles amplios limitados por bajos lomeríos en mesetas, son frecuentes en las áreas rhyolíticas de la Mesa Central. El límite septentrional ó el origen de aquel valle es una cresta que separa las vertientes del río de San Juan de las del río de Tolimán, y que lleva como accidente principal, una de las elegantes cimas de la Mesa Central, el Pico de Bernal, lám. III, hermoso cono traquítico, desnudo, rocalloso y acantilado, casi inaccesible, de 350 metros de altura sobre el valle y que se destaca aislado cuando se observa desde lejos, como desde las llanuras de San Juan ó desde Tequixquiápam.

Las rhyolitas de las colinas de ambos lados del valle se prolongan hasta la llanura del fondo; lo mismo pasa en el terreno poco rugoso de Cadereyta; y en partes estas rocas no son cubiertas sino por una delgada capa de tierra vegetal muy fértil á causa del excelente drenaje que permiten las rocas duras extendidas en tan débil pendiente y los numerosos diques y represas allí ejecutadas para aprovechar las aguas de circulación.

De las colinas llama la atención su débil pendiente y las cornisas acantiladas que sostienen sus mesetas; pronto se adivina que son restos de corrientes, en tanto que los necks ó las tetillas parecen puntos de erupción, y por lo tanto que la denudación es el agente determinante del aspecto general de aquel terreno, comparable por su forma local á los valles grandes, secos y áridos, tributarios del río Bravo del Norte.

El estudio de las corrientes rhyolíticas de Tequixquiapam tiene un gran interés por los cambios de estructura que las rocas presentan en diferentes partes en el sentido del espesor, de tal modo que se puede distinguir cada una de las corrientes sobrepuestas y hacerse cargo de su espesor individualmen-

te, el que no es en general considerable, pues que no pasa de 60 á 70 metros. En las faldas de las colinas, al Occidente de Tequixquiapam, vemos el corte de una corriente formando una cornisa ó acantilado (lám. IV), en donde las rhyolitas tienen una estructura imperfectamente columnar, que es más claramente manifiesta en la figura 2 de la misma lámina, tomada en los flancos de una barranca que desemboca en el valle cerca de la ranchería llamada de la Trinidad, por donde va el camino que conduce á algunas de las minas de ópalo pertenecientes á la hacienda de la Llave. Una sola corriente de rhyolita fraccionada por erosión cubre la cima de estas colinas y descansa sobre otra corriente mucho más extensa y que abarca una vasta superficie del valle de Tequixquiápam. En la base de aquella corriente que reviste la estructura semicolumnar de que hablamos, las rocas, de color gris azulado tienen un aspecto litoide, son compactas por lo tanto y se hallan divididas en lajas delgadas con oquedades alargadas horizontalmente como indicando zonas sucesivas de enfriamiento á la vez que la acción del escurrimiento fluidal. A medida que se asciende hacia la superficie de la corriente, la roca es menos litoide, las bandas de escurrimiento son más claras y las oquedades de la roca distribuídas con más irregularidad, son muy abundantes hasta el grado de hacer á veces esponjosa á la roca y mostrar entonces estas cavidades las particularidades de las litofisas, en las cuales se puede descubrir la estructura esferolítica original de parte de las rocas corroídas por la acción de los gases desprendidos durante *el enfriamiento final de la roca.* Pero es de notar que tales desprendimientos gaseosos no sólo se han verificado en la masa de las esferolitas destruyendo y suprimiendo una parte de su tejido, sino que escapándose los gases á través de la masa de la roca, han seguido de preferencia las zonas de enfriamiento y escurrimiento horizontales. Desgraciadamente este aspecto no es bien visible en nuestra lámina. La menor resistencia á la salida de los gases cerca de la superficie de la corriente, hace aparecer á la roca enteramente acribillada de oquedades exactamente de igual manera que en las lavas basálticas actuales. Las cavidades y las litofisas están cubiertas de un fino tapiz de cuarzo cristalizado, á veces ametista, de tridymita, de sanidino raras veces, y de agujas tenues de un mineral que parece ser hornblenda. Es también dentro de estas cavidades y rendijas en donde se encuentra el ópalo en todas sus variedades, llenando completamente la cavidad ó aislándose dentro de ellas en la forma de esférulos ó de cuerpos elipsoidales que tienen á veces el tamaño de un huevo de paloma.

De las variedades del ópalo encontramos con más abundancia el ópalo rojo (ópalo de fuego), el ópalo amarillo y el blanco lechoso con pocos reflejos. El ópalo fino, de brillantes visos, más vítreo, raras veces se aisla en esférulos y casi siempre llena completamente la cavidad. La forma que reviste el ópalo en las cavidades muestra que su origen es enteramente secundario, es decir, formado después de la consolidación completa de las rocas y proviene de la parte de materia disuelta tomada de las mismas rocas por aguas termales.

Examinando con detenimiento las distintas formas de las cavidades en donde viene el ópalo, encontramos que unas veces son simples grietas paralelas á las bandas de escurrimiento de la lava, viéndose entonces el ópalo diseminado en regueros; otras veces las cavidades esféricas fueron espacios ocupados por esferolitas que han sido más ó menos completamente suprimidas ó disueltas y en la que la superficie de la cavidad se ve unas veces cariada y otras lisa y sin ningún mineral cristalizado; y por último, cavidades también esféricas conservan aún el tejido y tapiz de las litofisas pero enclavadas en la masa del ópalo. Creemos, pues, que el ópalo, como producto secundario, ha sido depositado indudablemente por aguas circulantes calientes que penetrando en todos los intersticios de las rocas, no sólo depositaban la sílice en las oquedades, sino que aun produciendo una descomposición de los feldespatos diseminados en la masa y parte de su magma, depositaban en cambio la sílice que lo impregna y que produce una silicificación muy clara en estas rocas, y á veces una transformación más ó menos avanzada hacia el semi-ópalo.

Desgraciadamente no conocemos ningún trabajo monográfico sobre el ópalo que nos diese más luces sobre su modo de formación y otras particularidades.[1]

El aspecto microscópico de las rocas en las diversas corrientes que se extienden en las cercanías de Tequixquiápam, varía en muy amplios límites aun para partes diversas de cada corriente.

En la base de cada corriente, como dijimos, se encuentran rocas litoides en las que el microscopio revela en el magma no sólo la presencia de la microfeldsita, sino aun numerosas microlitas de oligoclasa, granos microlíticos de un mineral ferromagnésico alterado y puntuaciones de oxídulo de fierro. No debe, pues, esta roca ser considerada como una verdadera rhyolita, sino en tanto que á medida que se asciende á la parte superior de la corriente, cambia poco á poco hasta no tener más que un carácter netamente feldsítico. Ejemplos de estos cambios paulatinos de naturaleza y carácter del magma son frecuentes. Un caso muy parecido al de que hablamos, es el que se cita de la región de Nevada en Pine Nut Cañon, al Sur de Granite Mountain (Geol. Expl. Fortieth Paralel).

En cuanto á las rocas inmediatas á la superficie de dichas corrientes, el magma feldsítico se carga en grados diferentes de esferolitas de cruz negra, á veces hasta no formar sino una estructura enteramente micro-esferolítica. Las numerosas cavidades de la roca se ven tapizadas de cuarzo cristalizado y de ópalo, que presenta al microscopio y á la luz natural un color amarillo claro. No escasea en estas mismas cavidades un tapiz de calcedonia. En las rocas rojizas ó rosadas, en las que viene el ópalo fino, las bandas fluidales

1 La Mineralogía de J. D. Dana menciona un estudio de Behrends, en el que se refutan las teorías que explican los visos del ópalo fino, dadas anteriormente por Brewster. Behrends atribuye los visos á una laminación particular del ópalo que origina cambios en el poder de refracción en la masa del ópalo.

suelen marcarse muy claramente, desviándose en lugares donde se desarrollan las grandes esferolitas, así como cuando tales regueros fluidales de partículas opacas tropiezan con pequeños cristales de sanidino de primera consolidación, que casi siempre existen en estas rocas de la superficie.

Puede decirse que el mismo aspecto y carácter nos presentan todas las corrientes de rhyolitas de la grande área rhyolítica de Tequixquiapam y Cadereyta. Siempre en la cima de las corrientes las rocas abundan en esferolitas y en litofisas, magma feldsítico ó micro-esferolítico, como puede descubrirse en las rocas que cubren todo el fondo del valle entre Tequixquiápam y Bernal y que asoman en algunos lugares dejando ver además en las rhyolitas rosadas, intercalaciones de una roca negra vítrea, análoga á la piedra pez, con numerosas esferolitas fácilmente separables de la roca vítrea en glóbulos aislados de color blanco. Cerca de la hacienda de Tequixquiapam encontramos un lecho de esta roca dividido en bandas ó capas horizontales, dirección según la cual se orientan también los regueros de esferolitas.

De las colinas de poca altura que se levantan enmedio del valle mencionado, citaremos especialmente una que se halla al E. y frente á la hacienda de Santillán, en donde se ven bancos de rhyolitas subdivididos en columnas imperfectas. Estas rhyolitas con abundantes litofisas tienen á veces cavidades irregulares tapizadas de cristales hasta de 0.01 de longitud de cuarzo ametista en las formas comunes. Es curioso este ejemplo porque no es frecuente encontrar la ametista en las rhyolitas.

En el estudio sistemático de las rhyolitas, en la segunda parte de este libro damos una más completa descripción de la clase interesante de rhyolitas conteniendo ópalo fino.

La área que comprenden las rhyolitas de esta región se puede estimar en más de 200 kil. cuadrados. El ópalo fino siempre se encuentra en la superficie de las corrientes de lava rhyolítica y desaparece á unos cuantos metros de profundidad. En la región N.W. de esta área rhyolítica, en la falda de unas colinas, se encuentran las célebres minas de ópalo de la hacienda de Esperanza que han dado ópalos muy finos y de gran tamaño. Actualmente se extraen ópalos de tres ó cuatro lugares diferentes. La demanda de esta piedra preciosa está sujeta á muchas fluctuaciones y es quizá por eso que no se han hecho exploraciones serias ni se ha seguido un plan ordenado de trabajos. Es de esperarse, según hemos comprobado en el terreno, que en mejores condiciones de demanda, se encontrarán nuevos lugares de producción y que seguirá siendo por mucho tiempo la región de Tequixquiapam uno de los principales centros productores del ópalo noble de México.

Las rhyolitas de Tequixquiapam se hallan en contacto al E. con las calizas y pizarras cretáceas en los flancos y primeros estribos de la Sierra Gorda al N.E. de Cadereyta; cubren á las rocas traquíticas, según dijimos, en la base del Pico de Bernal y desaparecen al W. y S. debajo de las numerosas corrientes de lavas andesíticas y tobas de la hacienda de Santa Rosa y de los lomeríos que circundan el valle de San Juan del Río.

La región rhyolítica del Estado de Querétaro de que acabamos de hablar, se ha mostrado como un ejemplo del aspecto que ofrecen de una manera general las rhyolitas en la forma de extensas corrientes que abundan en la faja de la Mesa Central que comprende parte de los Estados de Michoacán, Guanajuato, Aguascalientes, Querétaro, Hidalgo y San Luis Potosí. En todas estas regiones las rhyolitas en grandes corrientes toman la forma de grandes mesetas de baja altura, cuya base se pierde en depósitos cuaternarios lacustres ó debajo gruesas capas de tobas volcánicas á dichas rocas casi siempre asociadas. Las margas y las arcillas pliocénicas no escasean entre estos depósitos posteriores á las erupciones de rhyolitas, ni tampoco las tobas calizas más ó menos arcillosas, producto de una sedimentación en el fondo de aguas termales en relación con erupciones recientes de lavas basálticas y andesíticas.

Tan uniformes parecen en su aspecto topográfico las regiones rhyolíticas á que aludimos y sus relaciones con las otras rocas tan semejantes, que bien puede suponerse que han sido todas el producto de una sola época de erupciones, una sola faz de las manifestaciones terciarias volcánicas.

Casi ligada con la región de Tequixquiapam se encuentra otra porción no menos abundante en rhyolitas, aunque no tan uniformemente extendidas en toda la superficie; ésta se extiende desde la ciudad de Querétaro, en donde gruesas capas de tobas rhyolíticas rosadas, usadas como material de construcción, rodean un pequeño núcleo de rhyolitas macizas; hacia el W. se extienden hasta cerca de Apaseo el Alto, al pie de una sierra coronada por mesetas y acantilados de una roca perlítica, en cuya masa abundan esferolitas rojas en regueros paralelos á los planos de escurrimiento de la roca. Hacia el Norte la zona rhyolítica se extiende sobre San Miguel de Allende en el extremo S.E. de la sierra de Guanajuato, en donde están apoyadas sobre andesitas verdes semejantes á las del centro de dicha sierra. Al partir de esta región hacia el Norte, las rhyolitas presentan una fase algo distinta petrográficamente, porque tales rocas, en lugar de pertenecer al tipo franco de rhyolitas propiamente dichas, que es el dominante en las regiones antes mencionadas, se aproximan con frecuencia más al tipo de las feldsonevaditas. Geológicamente se distinguen también porque raras veces se asocian á rocas eruptivas, casi siempre se hallan en contacto ó coronan á las calizas y pizarras cretáceas y forman apófisis importantes ó corrientes denudadas en las cimas de montañas constituídas por aquellos sedimentos más ó menos fuertemente plegados. Citaremos como ejemplos de este caso las feldsonevaditas y retinitas del Mineral de Pozos, en el Estado de Guanajuato, y las crestas y coronas de la misma roca en los cerros de San Pedro, cerca de la ciudad de San Luis Potosí. En esta región, rhyolitas en poderosas corrientes forman una buena parte de las sierras de Bocas y San Luis, en cuyas tobas abunda el estaño mezclado á la hematita, como sucede en varios puntos de la Sierra Madre occidental. Excelentes rhyolitas de la sierra de Canoas contienen magníficos cristales de topacio.

Otro tipo de corrientes rhyolíticas en bajas mesetas se extiende desde el

borde septentrional del Bajío en la ciudad de León y comprende parte de las mesetas de Lagos y la Encarnación, y cubre parte de las llanuras de Calpulálpam. Las lavas basálticas recientes y tobas cubren buena parte de esta extensa faja de rhyolitas.

Corrientes de rhyolitas vítreas axiolíticas se intercalan en las margas pliocenas de Yahualica y Teocaltiche, y en una corriente de rhyolitas vítreas muy importante ha cavado su lecho el río de Tololotlán, cerca de la ciudad de Guadalajara.

En la parte septentrional de la Mesa Central, las rhyolitas, apoyadas en calizas, se encuentran en pequeñas corrientes destruídas ó llenando angostas grietas; un doma rhyolítico corona el cerro de la Tinaja, al pie N. de la Sierra de Zacatecas, y en las mismas condiciones encontramos las rhyolitas en las montañas de Sierra Mojada, en Mapimí, etc.

Sólo nos resta mencionar otras localidades en la parte meridional de la Mesa Central, en donde existen pequeñas áreas de rhyolitas muy importantes desde el punto de vista petrográfico. Tales son el Xicuco, pequeño cerro cónico á 10 kilómetros al E. de Tula, en la llanura de Tlahuelipa. Allí se ven bancos de retinita con estructura columnar alternar con bancos de brechas y de tobas. En las inmediaciones de Tula, debajo de lavas basálticas y de tobas, aparecen en distintos lugares unas rhyolitas muy compactas de diversos colores con excelente estructura en bandas de fluidalidad, en las que las diversas coloraciones de las bandas dan á las rocas el aspecto del jaspe. Cerca de Maravatío existen pequeñas superficies en donde aparecen reventazones de obsidiana de muy variados tintes; desde la negra y vidriosa como la de las Navajas, hasta roja, amarilla manchada de negro como la de Yellowstone-Park. Por último, reventazones de obsidianas negras con cavidades gaseosas ó con varias formas de cristalitas abundan en las cercanías de la Villa de Libres; en Teziutlán, en el Estado de Puebla, en Zacualtipán en el Estado de Hidalgo, y en varios puntos de Veracruz, ya sobre la Sierra Madre oriental.

V

LAS RHYOLITAS DE LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL.

Por grandes que sean los espacios ocupados por las rhyolitas en la Mesa Central como acabamos de ver, pueden considerarse pequeños comparados con las superficies que abarcan estas rocas en el W. de México, en donde hemos dicho ya que tienen una extensión predominante y que en muchos lugares de aquella región los últimos acontecimientos orogénicos están con ellas íntimamente ligados.

Lo que se llama comunmente en México Sierra Madre Occidental no ha tenido una demarcación precisa en lo que respecta á sus límites meridionales, porque ligados los elementos del relieve del W. de México con la parte extraordinariamente rugosa del Sur, sin una solución clara de continuidad, no es posible topográficamente tal individualización. Sin embargo, para el objeto que nos proponemos y siguiendo la costumbre más generalmente aceptada, consideraremos como Sierra Madre Occidental á la continuada serie de montañas comprendida desde las fronteras de los Estados Unidos hasta la cortadura del gran río de las Balsas sobre el Paralelo 17°30. Nuestra Sierra Madre comprende, pues, cerca de catorce grados y medio geográficos y algo más de 1,700 kilómetros de longitud.

Antes de abordar el asunto principal de este capítulo, nos vemos precisados á dar una rápida hojeada sobre el aspecto físico general de tan vasta región montañosa, que abarca por sí sola casi la sexta parte de la superficie total de la República. Y decimos que nos vemos precisados á ocuparnos someramente de sus caracteres generales, porque poco se ha dicho de conjunto sobre ella y resulta por lo tanto una especie de curiosidad para algunos, en tanto que otros deploran la falta de datos de esta parte tan importante del relieve general de la América del Norte. A decir verdad, la Sierra Madre Occidental ha sido por todas partes recorrida, puesto que no presenta ningunas dificultades su trayecto; y no sólo por los antiguos caminos que hacen el servicio postal y comercial de las poblaciones de la Mesa Central con las costas y los puertos del Pacífico, sino también por los lugares incultos, bosco-

sos y poco poblados, á donde han penetrado muchos en busca de las riquezas minerales encerradas en aquellas montañas, lo que ha motivado la implantación de muchos capitales y de brazos.

Desgraciadamente no han sido recogidos todavía y expuestos en una forma general, todos los datos referentes á las exploraciones y estudios que se han hecho de muchos de los distritos mineros de la Sierra, en los que ciertamente se ha descuidado mucho la orografía y la geología de esas regiones; ni se han puesto en relieve las múltiples bellezas naturales de las sierras, ni la multitud de problemas interesantes que debe presentar ese inmenso conjunto de montañas.

No hace aún muchos años, las regiones septentrionales de la Sierra no podían ser recorridas más que por los caminos frecuentados á causa de las numerosas tribus de indios belicosos y rebeldes que allá merodeaban dedicados al pillaje. Se recuerdan, no sin pena, las tristes escenas que con frecuencia tenían lugar en los pueblos de la Sierra ó en los bordes de la Mesa Central, entre los agricultores y mineros pacíficos y las tribus indomables. Más tarde, en la parte meridional de la Sierra Madre, las montañas servían de asilo á numerosas partidas de facciosos y descontentos que allí se ocultaban del Gobierno ocupando posiciones estratégicas naturales durante las guerras de invasión ó en las luchas intestinas que asolaron al país por más de medio siglo. Hoy las cosas han cambiado totalmente; regiones hay que se pueblan prontamente de mineros; en los lugares desiertos viven aún algunos indios, la mayor parte labradores pacíficos y hospitalarios, que conservan en sus costumbres algunos rasgos de su vida primitiva.

Exceptuando la región norte de la Sierra Madre casi sobre la frontera americana, en donde el desmembramiento de las sierras permite un poco el tránsito de toda clase de vehículos, dicha Sierra no tiene pasos naturales que comuniquen fácilmente á la Mesa Central con las costas del Pacífico. Sólo hay dos caminos que pueden llamarse carreteros: el de Guadalajara á San Blas y el de Guadalajara á Manzanillo, rutas que atraviesan las regiones de menor relieve de la Sierra Madre y que se muestran con la más grande sencilléz tectónica aparente, pues que un manto de productos volcánicos recientes cubre una gran superficie. Angostas veredas y caminos de herradura forman una intrincada red por todas partes, y no hay puntos que puedan considerarse inaccesibles.

Mucho se ha hablado de proyectos de caminos de fierro entre la Mesa Central y las costas del Pacífico, pero hasta hoy ninguno ha sido llevado á cabo, habiendo sí, la esperanza de que en pocos años México cuente con dos ó tres buenas vías, como las que en la actualidad se construyen, y que tocarán los puertos de Manzanillo ó San Blas, Mazatlán ó Topolobampo y que atravesarán ricas regiones mineras de Chihuahua, de Durango y Sinaloa y partes montañosas del Estado de Jalisco.

En la frontera del Norte, sobre la línea divisoria con los Estados Unidos, la Sierra Madre no tiene aun su completa individualidad, es decir, que están

algo diseminadas las sierras, separadas por amplios valles y casi puede decirse que esa parte tiende á afectar la forma y caracteres de los desiertos de la parte Sur de Arizona y Nuevo México, y de las sierras que esparcidas con muy diversa dirección, quedan dentro de la cuenca del río Gila. Poco á poco las sierras componentes se aproximan las unas de las otras, separadas solamente por angostos valles ó cañones como los que sirven de cauce á los ríos de Ures, el Yaqui, el Fuerte, etc.; primero con direcciones un poco variables, y después, hácia el Sur, regularizándose más y más la dirección hasta adquirir la orientación N.W.–S.E. que caracteriza á los elementos montañosos constitutivos de la parte meridional de la mencionada Sierra Madre.

Si topográficamente la Sierra Madre Mexicana es un conjunto de sierras ordenadas paralelamente entre sí y ligadas más ó menos á manera de tener en conjunto, individualidad característica, geológicamente es un grupo de sistemas de montañas en la acepción que á estos términos da J. Dana;[1] es decir, á conjuntos de sierras del mismo período y origen; pertenecen á una región común de elevación y son generalmente paralelas y consecutivas.

Aunque el principio de la Sierra Madre por el Norte puede tener algunas semejanzas con la porción meridional del Oeste de los Estados Unidos ó con las sierras de la Gran Cuenca de Nevada, llega un lugar en donde las condiciones topográficas se apartan bastante, acreditando así la individualidad que pretendemos darle á nuestra faja montañosa occidental. Primeramente notamos la grande aglomeración de las sierras en sucesión inmediata, después un modelado muy simple de los macizos integrantes y por último una elevación general absoluta y aun relativa menor. Geológicamente las regiones que nos ocupan son comparables solamente en la semejanza y parentezco de sus productos volcánicos terciarios, pues que en una y otras partes abundan las dioritas y granulitas terciarias, y más que éstas, las andesitas de todas clases, las rhyolitas y lavas más recientes en parecidas cantidades y casi iguales espesores; pero en cuanto á la abundancia y edad de los sedimentos, las cosas son distintas. Grandes tramos de la Sierra Madre no muestran en la superficie más que las mencionadas rocas eruptivas, ó con pequeños girones de calizas y pizarras cretáceas, muy poco del jurásico y del trías y menos aún de formaciones paleozoicas; mientras que en la mayoría de los sistemas montañosos del Oeste de los Estados Unidos, los numerosos afloramientos de rocas sedimentarias de todas las edades han permitido la hábil interpretación de la manera de obrar de las fuerzas puestas en juego para producir las grandes fracturas por donde han visto la luz masas inmensas de rocas ígneas.

A más de la menor elevación absoluta de las cimas culminantes que parece tener por origen una disminución de la energía orogénica durante las épocas de movimientos continentales en la América del Norte, debemos agregar que el trabajo final de la erosión, del que dependen en parte las formas actuales de nuestras sierras, parece también muy inferior, porque el agente principal de

1 J. D. Dana.—Manual of Geology, pág. 389.—1895.

actividad erosiva en el Norte, no se ha presentado acá; es decir, el trabajo verificado durante el largo período glacial. En efecto, esa acción denudadora desgarra y afila las crestas, se forman numerosos picos, se modifica grandemente el curso de las corrientes y la accidentación por este solo trabajo de los hielos es mucho más variada y enérgica. En la Sierra Madre occidental, las formas son por regla general arredondeadas, las cimas regularizadas, las pendientes uniformes, y en general, formas que resultan de una acción erosiva lenta y prolongada. Hay ciertamente barrancas muy profundas, algunos picos aislados y regiones muy circunscritas con formas alpinas, pero esto sólo pasa allí donde las rocas presentan por sí solas condiciones favorables por su modo de depósito á tales formas escarpadas.

Si seguimos una línea que partiendo de la Mesa Central en un lugar determinado cortase normalmente la Sierra Madre occidental hasta las costas del Pacífico, veríamos que unas veces las Sierras componentes, al partir de una línea principal de elevación, forman una serie de aristas á ambos lados, sucesivamente escalonadas, paralelas, más y más bajas á medida que se aproximan á la costa ó á la Mesa; otras veces aristas bajas, verdaderamente lomeríos, se hallan en la base de la arista principal á la que siguen una serie de crestas que decrecen regularmente en altura hacia el mar. En ambos casos pocas aguas correrán hacia la Mesa Central, el camino más fácil será el del principal declive que es el de las costas. Sucede con frecuencia que numerosas y profundas cortaduras interrumpen las sierras y por allí se lanzan las aguas á la costa; en otras la interrupción proviene de un cambio de paralelismo entre los elementos orográficos, lo que coincide á veces con un cambio en la naturaleza geológica. Así se facilita el curso de las aguas de la Mesa Central hacia el Oeste, como por ejemplo una parte del cauce del río de Santiago, del río de Ameca, del de San Pedro y otros.

Pasa aquí lo que en algunas partes del Oeste de los Estados Unidos, que tales cambios bruscos de dirección de las sierras originan importantes fenómenos volcánicos. Estos cambios explicarían la abundancia de aparatos volcánicos en ciertas partes de Tepic y de Jalisco, que mantuvieron por mucho tiempo viva la energía volcánica.

Las alturas principales de la Sierra Madre raras veces alcanzan tres mil metros sobre el mar, la cifra de dos mil doscientos metros puede considerarse como el término medio de la altura de las crestas principales. Por ejemplo, en el Estado de Chihuahua, la Bufa de Cosihuiriáchic tiene 2,415 metros sobre el mar; la Bufa de Jesús María en el Distrito de Rayón, 2,540 metros; y éstas son de las cimas más elevadas de la Sierra Madre en el Norte. Más al Sur, en el Estado de Durango, al Oeste de la ciudad de ese nombre, sobre el camino de Durango á Mazatlán, algunas crestas llegan á 2,600 metros; el cerro de Piloncillos tiene 2,560 metros. En el Estado de Sinaloa las mayores cimas sólo tienen hasta 2,400 metros de altura, y en el Territorio de Tepic, en la región del Nayarit, muy rugosa y escarpada, las cimas tienen hasta 2,300 metros de altura. Se necesita llegar á la región volcánica del Sur de

Tepic y del Estado de Jalisco para encontrar cimas que toquen la región de las nieves perpetuas, como el volcán Nevado de Colima con 4,300 metros próximamente. La Bufa de Mascota, masa rhyolítica, enfrente de una meseta volcánica, solo tiene 2,713 metros sobre el mar.

En lugares que casi pertenecen á la Sierra Madre en el Estado de Michoacán, hay también varios picos volcánicos elevados, como el Pico de Quinceo, cerca del borde de la Mesa Central enfrente del valle de Morelia, con 3,324 metros; el Zirate, 3,340; y el Pico de Tancítaro sobre el valle de Uruápam se aproxima á los 3,800 metros sobre el nivel del mar.

Un cuadro que contuviese todas las principales cimas de la Sierra Madre, mostraría fácilmente que las alturas mayores se agrupan generalmente en la región donde han tenido influencia los fenómenos volcánicos recientes de la Mesa Central, es decir, en sus partes meridionales.

Comparando finalmente la altura media de las crestas de las sierras con la altura media de la Mesa Central, resulta que aquellas no vienen á ser más que los poderosos estribos que sostienen nuestra gran plataforma continental, pues que muchas de las crestas sólo tienen una altura comparable á la de dicha Mesa. En muchos lugares la importancia del relieve aparente de las sierras está en relación con la manera según la cual éstas se ligan á aquella. Las muchas ramificaciones que á veces envían las sierras hacia el Este, las depresiones que entre ellas se originan y los macizos montañosos desparramados en el interior de la Mesa, no permiten á veces distinguir con precisión los límites de la Sierra Madre y de la Mesa Central, lo que hace por lo tanto á veces imposible el considerarlas una y otra independientemente, pues que es preciso decir que la Mesa Central avanza muy irregularmente en las sierras en donde éstas se hallan muy desparramadas como en el Norte; otras veces el principio de la Sierra Madre se anuncia por una elevación muy poco sensible del terreno; colinas limitan el último valle de la Mesa y una serie de altas mesetas ó de cuencas rodeadas de altas montañas indican el paso de la Sierra Madre como sucede frecuentemente en la región volcánica meridional (Tepic, Jalisco, Michoacán). Una tercera forma de limitación es aquella en la que la Mesa Central viene á interrumpirse súbitamente al encuentro del primer macizo de la Sierra Madre, elevado y escarpado como una gran barrera; tal puede verse en la región meridional de Chihuahua, partes de Durango y de Zacatecas. Esto es muy claro en los dos primeros Estados, porque allí casi termina la región desértica del Bolsón de Mapimí, y en el Estado de Zacatecas, porque allí acaban llanuras saladas y aun pantanosas.

En cuanto á la manera según la cual las últimas Sierras caen hacia las costas del Pacífico puede también variar un poco; por regla general los últimos elementos del relieve quedan muy próximos del litoral, de modo que la zona de tierras bajas en frente de las playas es generalmente angosta. En el Norte del Estado de Sonora las cadenas de montañas estando como hemos dicho más separadas, es fácil suponer que valles amplios más y más bajos desciendan hasta la vasta llanura seca y desierta enfrente del Golfo de Ca-

lifornia. Tales llanuras tienen en algunos lugares más de cien kilómetros de ancho y en ellas desaparecen las aguas que descienden de las sierras. Más al Sur, en el Estado de Sinaloa, contrafuertes desprendidos avanzan hasta el mar, ó bien sierras bajas aisladas costeras encajonan valles amplios que van hasta el pie de la Sierra Madre. En el Distrito del Fuerte, colinas costeras dan un litoral bastante desgarrado que forma bahías más ó menos grandes y abrigadas, como en Topolobampo, ensenadas sinuosas y rocallosas como en Mazatlán, etc. Este avance de los elementos de la Sierra Madre hasta el mar, muy marcado también en Tepic y Jalisco, hace muy accidentada la línea del litoral, como se ve también en la Sierra Madre del Sur, dando un contraste muy sensible entre el litoral general del Pacífico, de líneas firmes y sinuosas, y la uniformidad y vaguedad de la línea de la costa del Golfo de México, que no presenta en su mayor longitud puertos naturales que serían tan provechosos á nuestro comercio. No escasean, sin embargo, lugares en donde la Sierra Madre, formada de macizos muy unidos y elevados, reposa directa y bruscamente sobre las llanuras débilmente inclinadas de las costas, presentándose entonces como del lado de la Mesa Central, en la forma de una gran barrera de contornos relativamente poco sinuosos y arredondeados y con sus pendientes cubiertas de exhuberante vegetación. La Sierra de Acaponeta, al Norte de Tepic, parte de la Sierra de Coalcomán, etc., están en este caso.

Las formaciones volcánicas de la región meridional no son sin influencia en las condiciones topográficas del litoral, y esto da lugar á formas un poco diversas. Los conos eruptivos que se encuentran en la región de Tepic, prolongaciones de la región volcánica del Ceboruco, se continúan en las vertientes occidentales de la Sierra Madre. Estos conos eruptivos y sus corrientes de lavas forman allí las últimas unidades de la Sierra en una cadena más ó menos interrumpida de volcanes entre San Blas y el Cabo Corrientes. Las corrientes de lavas se pierden debajo de las aguas del mar.

Considerada independientemente la Sierra Madre y como resulta de lo que acabamos de decir los sistemas de montañas forman un conjunto asimétrico en el que el eje de más grande elevación no se encuentra sino raras veces en el medio, unas veces se carga hacia la costa y otras veces está más cerca de la Mesa Central. Las crestas sucesivas van poco á poco disminuyendo en altura hacia el Oeste; otras veces una elevación que comienza por altas mesetas más ó menos separadas de la Mesa Central van á encontrar al eje que es una alta y alargada meseta.

Bien que las formas generales de las montañas se hallan muy atenuadas por la erosión y arredondeadas, es fácil observar que la asimetría de que acabamos de hablar se manifiesta aun en la desigual pendiente de las sierras, sin que esto ofrezca una regularidad completa. En efecto, de la Mesa Central hacia el Oeste, las pendientes orientales de las sierras son generalmente suaves, las pendientes opuestas fuertes y escarpadas, exceptuando el caso en que los valles comprendidos entre dos sierras hayan sido exclusivamente abiertos por la erosión.

En cuanto á la anchura de la Sierra Madre occidental, es en distintas partes de su curso muy variable, puede considerarse comprendida entre 200 y 400 kilómetros; por ejemplo, un perfil entre las llanuras de Zacatecas y el puerto de San Blas, más ó menos á la altura de 22 grados de latitud Norte, la anchura no es menor de 400 kilómetros mientras que en la región de las altas mesetas al S.W. de Guadalajara, será apenas de 250 kilómetros. En general puede decirse que la anchura media de la Sierra Madre es de 300 kilómetros.

De la particular ordenación de los elementos orográficos componentes de la Sierra, resulta naturalmente la distribución de las corrientes de agua, que tienen, por regla general, un curso paralelo al de las mismas sierras, contenidas como están, dichas aguas en valles longitudinales, hasta el lugar en donde el término de las sierras ó las truncaduras permiten la salida de las aguas hacia el mar cambiando entonces de rumbo y tomando la dirección normal á la línea de costa. Con estos cambios de dirección coincide un cambio en el régimen de dichas aguas. Los ríos en el interior de las sierras tienen un curso torrencial más ó menos acentuado por efecto de las fuertes pendientes y estos ríos y arroyos son alimentados en partes por aguas salvajes. Cuando el rumbo de la corriente acusa su tránsito por la costa, el curso se regulariza, la impetuosidad de las aguas sólo tiene lugar en las épocas de lluvias. En las costas poco accidentadas y bajas, las crecientes anormales pueden determinar en los ríos un curso divagante ya cerca de las playas, fenómeno que no sólo se verifica en las pequeñas corrientes sino aun para ríos de la importancia del de San Pedro y del de Santiago que desaguan en las costas de Tepic. Estos cambios determinan el régimen de los esteros.

Como ejemplo de ríos en que los afluentes principales se ordenan paralelamente á las sierras se podrían citar casi todas las corrientes de importancia en Sonora y Sinaloa, de la cuenca que pudiéramos llamar del Golfo de California: el río de Sonora, el Yaqui, el Mayo, el Fuerte, etc. El mismo caso se aplica al río de San Pedro que desemboca al mar en el territorio de Tepic y que nace en el Estado de Durango.

De todos los ríos que nacen en la Sierra Madre con desagüe hacia el Pacífico es curioso notar que todos tienen un descenso general hacia el Sur, lo que muestra claramente un gran declive continental.

El inverso declive de la Mesa Central hacia el Norte motiva el curso de los pocos ríos interiores que nacen en la propia Sierra Madre, los que caminan hacia el Oriente ó al N.E., hacia las cuencas cerradas interiores de la Mesa, como el río Nazas, ó un curso hacia el Norte, hacia la cuenca del río Bravo, como el Conchos.

No queremos hacer ya más larga la digresión sino para agregar algunas palabras á lo que ya hemos dicho sobre el papel que ha desempeñado la erosión en la morfología de la Sierra Madre. Los comunes agentes de denudación han dejado huellas muy claras en las partes de la Sierra constituídas de depósitos sedimentarios al modificar las formas resultantes de la tectónica. En

las regiones puramente eruptivas, que son las más grandes, las formas primitivas son más difíciles de interpretar pero no es imposible observar, que se conservan algunos trazos de su acumulación original y las huellas de accidentes orogénicos posteriores á su erupción pero que, la mayor diversificación y rugosidad, depende de los agentes exteriores que han destruído en sumo grado la sencillez topográfica y la uniformidad primordial. Climas menos benignos que el actual por un lado y dureza variable de los diversos materiales volcánicos por otro, miden aquí la energía de la erosión. Las aguas corrientes han sido el agente principal, han surcado en barrancas profundas simples desigualdades del suelo, han suprimido blocks enteros de rocas comprendidas entre dos fallas ó entre simples fracturas, separando así y fraccionando enormes corrientes de lavas. La alargada cavidad de una grieta se ha transformado en un cañón con sus bordes á veces al mismo nivel, y con muros acantilados correspondientes.

La desigual dureza de las rocas eruptivas ya por la ordenación y sucesión de distintas clases de material, ya por la heterogeneidad del magma de donde proceden, engendra por erosión formas bastante características. Por ejemplo, las rocas de magma silicificado se desgarran en agujas en las crestas de algunas montañas asemejándose entonces á las de la Mesa Central cuyo tipo son los Organos de Actopan, ó se aislan en domas cónicos semejantes al Peñón de Bernal, ó se coronan de mesas recortadas como la Peña del Jacal, etc. Formas abruptas en rocas antiguas también se encuentran adornando graciosamente el paisaje; por ejemplo, las de los macizos graníticos del Desmoronado en Mascota, que es un pequeño girón de rocas paleozoicas rodeados de rocas eruptivas terciarias y con una vegetación de tal modo variada y abundante, que hacen de esta región una de las más amenas de la Sierra Madre.

Pero la grandeza principal del Oeste de México estriba, no en la variedad de las formas como hemos dicho, sino en la repetición inmediata y sucesiva de términos montañosos semejantes, en la exagerada rugosidad y en el escalonamiento algunas veces muy regular de las crestas de las sierras; en fin, en el intrincado laberinto de aristas y barrancos. Cimas desnudas, mesetas regulares, barrancas tapizadas de abundante hierba, laderas escalonadas lisas y multicoloras ó montes espesos, muchos vírgenes; tal es el espléndido panoroma de la Sierra Madre Occidental.

Dadas estas ideas generales, tiempo es ya de ver con qué abundancia y profusión se encuentran las rhyolitas en esta grande faja montañosa. Si comenzamos una enumeración por los Estados fronterizos, citaremos desde luego á Sonora y Chihuahua, que los dos comprenden partes de la Sierra Madre. Del primero de estos Estados el Sr. José G. Aguilera nos ha dado una sucinta descripción geológica[1] de los Distritos del Norte; Ures, Moctezuma y

1 J. G. Aguilera. Estudio de los fenómenos séismicos del 3 de Mayo de 1887. An. Min., Fom. Vol. X, 1888.

Arizpe, y que puede completarse con la del Sr. F. Buelna[1] para el Distrito de Magdalena. Por estas descripciones vemos que aunque en esa región las rocas eruptivas terciarias abundan, la mayoría sólo son representantes de las andesitas y de los basaltos, las rhyolitas no bien identificadas, son raras y ocupan áreas pequeñas. No así en la región oriental de la Sierra Madre que comprende parte de Chihuahua; numerosas muestras de rhyolitas nos han sido presentadas para su estudio procedentes de los Distritos de Galeana, de Hidalgo, de Guerrero y de Mina y en general de los Distritos occidentales y sabemos que se encuentran tales rocas en grandes superficies. Las rhyolitas vienen siendo ya las dominantes de la parte oriental de la Sierra desde el Sur de dicho Estado de Chihuahua y con esa abundancia continuarán hacia el Sur hasta el Territorio de Tepic, como lo muestra el mapa de la República que hemos formado, en el que van marcadas las principales regiones rhyolíticas de México. En esa carta se ve que las grandes areas rhyolíticas se agrupan generalmente en las regiones orientales de la sierra. En cuanto á la manera como las rhyolitas se presentan, ya vimos que abundan las áreas pequeñas, las masas acantiladas, con estructura frecuentemente columnar y con aspecto de Bufas, yaciendo sobre rocas verdes andesíticas, sobre granitos y dioritas y aun sobre pizarras antiguas que contienen vetas auro-argentíferas. Esta forma de bufa es tan común que habríamos de citar una larga lista ó enumerar todos los distritos mineros desparramados á lo largo de la Sierra en los Estados de Sinaloa, sur de Chihuahua y Durango, de las que sólo ponemos como tipo, las de los minerales de San José de Gracia en Sinaloa; las de Morelos, Batopilas y Parral, en Chihuahua; las de Copalquín, Indé, Topia y Papasquiaro en el Estado de Durango. Pero no es nuestro ánimo entrar en descripciones de regiones rhyolíticas que tanto se asemejan á las de la Mesa Central. De no menos interés geológico son las grandes áreas de rhyolitas que cubren con un manto poderoso la parte más considerable é intrincada de la Sierra Madre, revistiéndola de una grande uniformidad geológica en Durango, Tepic, Jalisco y Zacatecas.

En efecto, cuando se viaja en las partes de la Sierra ocupadas por las rhyolitas se puede observar con cuánta regularidad se ordenan los valles longitudinales anchos ó angostos, profundos y escalonados. Las paredes de cada cañón muestran una serie alternada de bancos de rocas duras en paredes verticales de varias decenas de metros de altura y bancos de rocas blandas en talud más ó menos débil. Esta serie, admirablemente regular y frecuentemente simétrica en los dos lados del cañón presenta inclinaciones muy débiles y á veces aparentemente horizontal. La región que se llama el Nayarit, en Tepic, ofrece en sus sierras y cañones con perfecta regularidad esta disposición. Tal es el cañón de Huajimic, las regiones vecinas de Guayanamota, de Ixcatán, de Acatán, etc., partes del cañón de Bolaños en Jalisco, ó sea la

1 R. F. Buelna. Itinerario Geológico. Bol. del Inst. Geol. de México., núms. IV, V y VI, 1896.

parte de la Sierra Madre entre Zacatecas y Tepic, cuya descripción hemos ya dado en nuestros itinerarios geológicos. Un paisaje así no está desprovisto de grandeza, no sólo por la aridez y fuerte colorido que tienen las rocas de estas regiones poco transitadas, habitadas solamente por unos cuantos indios, sino aun por lo exagerado de la altura de las mesetas comparada con el fondo de los valles, que con frecuencia alcanza de seiscientos á mil metros.

Extensas mesas se encuentran entre Durango y Sinaloa. La Mesa de Juanota en Chihuahua, en medio de la Sierra, se halla ocupada por pequeñas lagunas, la mesa de Guachoechic cerca de Pinos Altos, sirve de base á elegantes picos de rocas macizas. La Sierra de la Parida, en Tepic, tiene por cima una alargada mesa.

Las rhyolitas son las únicas rocas que allí dan tan peculiar disposición, rhyolitas macizas, vítreas ó feldsíticas, raras veces esferolíticas. Los gruesos bancos alternan con tobas blancas y rosadas, poco consistentes, susceptibles de fácil desagregación. En el cauce de los ríos, en el fondo de los cañones vemos á veces las andesitas, muy raras veces las traquitas, sobre las que apoyan las rocas silizosas y en las mesetas de las cimas, delgadas y fluidas corrientes de lavas basálticas alternando con brechas volcánicas que interrumpen bruscamente la regularidad de las mesas. Calizas cretáceas en gruesas capas onduladas sirven de lecho á los mantos de rhyolitas en muchos lugares como en las orillas del río de Santiago y que bordean en parte á la alta meseta de Tepic; y en la Sierra de Alica, frente á Huajimic, dioritas y diabasas se ocultan por las rhyolitas cerca de la cima de la Sierra.

La regularidad y ordenación de los mantos sucesivos de rhyolitas y de sus tobas no dan lugar á duda de que se han depositado como corrientes y de que cada grupo representa el producto de un solo paroxismo. Las primeras corrientes en su movimiento tenderían á regularizar y disminuir la pendiente que le sirvió de lecho y por eso las graderías superiores son más regulares no sólo en la constancia del espesor sino aun en su horizontalidad, como se ve en las cornisas que sostienen las amplias mesetas. No es posible, sin embargo, suponer que tan extensas corrientes, que pueden seguirse en decenas de kilómetros á lo largo de los valles, hayan tenido su origen por simples bocas volcánicas como en las erupciones actuales, sino que es preciso invocar como forma más plausible de emisión, las erupciones por largas grietas abiertas durante un período de dislocación de importancia continental. Solamente así se puede explicar un volumen tan grande de rocas efusivas de una sola composición, estructura semejante y aparecidas en un solo momento de la evolución del continente, pues por distantes y diseminadas que puedan estar las regiones dislocadas por donde han tenido fácil eyección las rocas silisosas, de casi todas se puede suponer que tienen una sola edad, como veremos después.

Si bien esta manera de explicar la salida de masas tan considerables de lava, no ha encontrado todavía una exacta demostración, ha sido tomada desde

hace años como la que mejor satisface al carácter de conjunto de muchas regiones extensas, no sólo de rocas de siliza libre, sino de otras rocas neovolcánicas; así lo han expuesto desde hace muchos años Richthofen y Geikie. Esta forma de erupciones por grietas ha tenido su fundamento seguramente en la dificultad que se tiene de encontrar chimeneas de erupción por donde tales masas de rocas hayan podido engendrarse.

Si la erosión, como hemos dicho, ha tomado un participio activo en el modelado final de la Sierra Madre, parece natural pensar que esta acción ha acentuado en muchas partes la accidentación original y que hay una causa más trascendental de la cual dependen la ordenación y sucesión de las sierras, la existencia de valles longitudinales sucesivos y paralelos, profundos y escarpados.

Al querer tratar tan delicada é importante cuestión no nos ocupamos más que de aquellas partes de la Sierra Madre que sólo muestran rocas eruptivas, porque para la región del Norte y algunos tramos del Sur, en donde las rocas sedimentarias mezozoicas abundan y en donde hay también rocas eruptivas antiguas, el problema es aún más complicado y difícil.

En las regiones de rhyolitas del corazón de la Sierra entre Tepic y Durango próximamente, en donde las corrientes de estas rocas alcanzan centenares de metros de potencia, las rocas eruptivas andesíticas que les sirven de base mostraban, antes de la invasión rhyolítica, un relieve mucho más acentuado, determinado por una activa erosión. La invasión de las rhyolitas, bien que exagerando la altura absoluta de los macizos, produjo una simplificación del modelado; valles amplios fueron cubiertos de mantos sucesivos de lavas que escurrieron con lentitud, y al final de un tan largo período de erupción, aquel país quedó convertido en una serie de amplias y elevadas mesas, de las que sobresalían en algunas partes domas ó apófisis de acumulación de rocas, ó crestas alargadas que cubrieron las grietas de erupción. Las aguas comienzan á abrir verdaderos cañones ó tajos favoreciendo este trabajo la alternancia de rocas duras y de tobas; este es el origen de numerosos valles secundarios muchos de los cuales son paralelos á los grandes valles longitudinales.

En cuanto á muchos de estos últimos las causas parecen haber sido otras y hay que buscar la explicación en otra serie de fenómenos. Nos sorprende con frecuencia la semejanza que tienen algunas partes de la Sierra Madre Occidental con regiones casi puramente eruptivas del Norte de la Gran Cuenca, especialmente con las Stein Mountains en el Sur del Oregón, de las que se encuentra una descripción en el 4th. An. Rep. U. S. Geol. Surv.

Russell [1] observa que un examen de conjunto de aquella región, da forzosamente la impresión de que el país fué en un tiempo una extensa mesa volcánica que ha sido rota y fraccionada por numerosas fallas orientadas N.–S. y que los blocks resultantes se han hundido y caído bajo diferentes ángulos.

1 Y. J. Russell.—A. Geological Reconnaisance in southern Oregon.—Fourth An. Rep. U. S. Geol. Surv., 1882–83.

Aquella porción de la Gran Cuenca está formada exclusivamente de rhyolitas, de tobas rhyolíticas y de basaltos; las líneas de falla tienen varias millas de longitud y las depresiones resultantes de los hundimientos, están ocupadas por aguas más ó menos salinas, con ó sin salida á los valles inmediatos. El resultado de los hundimientos, de importancia muy variable según la situación y proximidad de las fallas, ha sido la de producir lo que llaman "orographic blocks," es decir, partes de mesas diferentemente hundidas y por lo tanto escalonadas, más ó menos inclinadas y comprendidas entre dos fallas, dando lugar su sucesión á producir lo que Powell llama "zonas de desalojamiento diverso." Nosotros creemos, que un fenómeno semejante ha tenido lugar en ciertas partes de la Sierra Madre mexicana, solamente que las líneas de falla, orientadas también de N. á S. ó de N.W. á S.E. no son tan largas y sí son más próximas; los blocks orográficos son de menores dimensiones y el poder torrencial de las aguas, que parece haber sido aquí mayor que en aquella región de la Gran Cuenca, ha tendido con grande energía á modificar la regularidad topográfica y á impedir la acumulación de las aguas, como en el clásico país del Oregón. Pueden encontrarse é identificarse á veces las paredes escarpadas de los planos de las fallas.

En resumen: erupciones de rocas ígneas por grietas; hundimientos á lo largo de grandes líneas de fractura, y erosión; hé aquí los tres factores determinantes de la forma actual de la mayor parte de la Sierra Madre; los dos primeros fenómenos no han sido en general sino el efecto de una causa anterior, la de complicados y enormes plegamientos manifiestos en las rocas sedimentarias de la Sierra.

Una serie tal de fenómenos con esa sucesión es la que supone C. King y otros que ha tenido lugar para toda la Gran Cuenca de Nevada, pues además de la región de Oregón que acabamos de citar hay otros muchos lugares que ofrecen la más grande semejanza morfológica con aquella porción á la vez que con nuestra Sierra Madre, de modo que pueden estrictamente compararse. Citaremos por ejemplo, los montes de Satoya, divididos por cañones, en cuyos escarpes se ven la alternancia de rhyolitas y de tobas, la Pah-Ute Range, y sobre todo esa grande área rhyolítica del paralelo 40, que comprende las sierras de Augusta, Fish-Creek, Shoshone, Toyabe, Cortés, Seetoya, etc., en donde se pueden obtener espesores de conjunto de las numerosas corrientes de rhyolitas y tobas, desde 2,000 hasta 7,000 pies. C. King[1] supone con justicia que masas tan considerables de lavas han debido aparecer á lo largo de grietas abiertas sobre enormes fallas, suposición que nosotros hacemos extensiva á nuestra Sierra Madre Occidental.

1 C. King.--Geol. Explor. of the Fortieth. Paralel.—Vol. 1, pág. 735.

Edad de las Rhyolitas.

Hemos pretendido demostrar en varias partes de este estudio, que por la semejanza en las condiciones de yacimiento de las rhyolitas, por su abundancia en determinadas regiones, etc., que esta extendida familia pertenece á una sola época en la serie de erupciones terciarias de México, y vamos á ver hasta que punto es posible definirla. La serie de erupciones terciarias en el país, se inaugura con rocas de estructura claramente granítica; granitos, granulitas, dioritas y diabasas; las dos últimas, por simples cambios de estructura, dan lugar á andesitas con aspecto de porfiritas andesíticas ó de propylitas, como lo hemos visto en las rocas de Pachuca, de Guanajuato, de San José de Gracia y de otros puntos de la Sierra Madre. Igualmente, Pachuca y Real del Monte, nos muestran hasta la evidencia la transición paulatina de las andesitas á las dacitas y á las rhyolitas (feldsonevaditas), resultando de esto la comprobación de que por causas imperfectamente conocidas, un solo magma interno es capaz de dar origen á tales cambios en las rocas, lo que caracteriza el fenómeno que han llamado "diferenciación." Sea un solo magma como nosotros creemos ó la mezcla de dos ó más magmas como otros pretenden, el hecho de un cambio paulatino en la composición de la masa fluídea, da lugar á pensar en revoluciones internas sometidas á una ley en tiempo y espacio definidos, pues que con muy ligeras diferencias, sin importancia decisiva, se puede decir que en todas partes la ordenación sucesiva de las erupciones, juzgando por la composición y estructura de las rocas, ha sido la misma. Ponemos aquí el ejemplo de la Gran Cuenca de Nevada. Muchas sierras de aquella región ofrecen una sucesión estrictamente comparable con la de México.

Mr. J. E. Spurr[1] publicó hace poco tiempo un estudio sobre "Succesion and relation of lavas in the Great Basin region," en el que resume las observaciones hechas sobre el particular desde los estudios de Richthofen hasta los de estos últimos días. Generalizando los datos así obtenidos, é incluyendo los que suministran localmente un buen número de sierras, Mr. Spurr establece cinco grupos, que por su orden de erupción, son:

1. Acido (tipo rhyolita de biotita).
2. Intermediario silisoso (andesitas).
3. Acido (rhyolitas de composición semejante á las del grupo 1).
4. Intermediario básico (andesitas más básicas y aleutitas).
5. Básico (Basaltos) íntimamente asociado con algunas rhyolitas.

1 Jour. of Geol., Vol. VIII, Núm. 7, 1900.

Con los elementos que poseemos, hemos establecido la sucesión de nuestras erupciones terciarias, de esta manera:

Granitos–Granulitas.
Dioritas–Diabasas.
Andesitas–Dacitas.
Rhyolitas.
Dacitas–Andesitas.
Basaltos–Andesitas basálticas.

De nuestros volcanes actuales, unos son andesíticos basálticos y otros basálticos propiamente dichos.

Como se ve, las dos series son comparables; pero nuestro primer grupo ácido, incluye desde los granitos, como en la serie de Mr. Becker, para el Distrito de Washoe; al segundo grupo de Spurr pertenecen nuestro segundo y tercero, tan íntimamente ligados como están, en la misma región de Comstock, según lo demuestran Iddings y Hague. Por último, en el tercer prupo de Spurr quedan exactamente comprendidas nuestras rhyolitas con la misma edad que ese autor les asigna.

Ha habido, pues, en las erupciones de rocas microlíticas, ciertas recurrencias importantes que se notan principalmente en las andesitas y dacitas.

Si desde luego sólo tomamos en cuenta la sobreposición de las rhyolitas para juzgar de su edad, hé aquí los distintos casos que hemos observado, según consta en las páginas que anteceden.

Las rhyolitas flanquean á depósitos y rocas eruptivas arqueanas y paleozóicas, accidentalmente en algunos lugares de Sonora, de Sinaloa y de la Baja California. Este caso pudiera compararse al que con frecuencia ofrecen las rhyolitas en el W. de las Montañas Rocallosas, como en Medicine Bow; ó como en la Sierra Nevada; de esta última dice King[1] que en el "período de las eyecciones rhyolíticas," una grande serie de corrientes siguieron claramente el eje de una larga línea de elevación.

A despecho de la diferente edad de las rocas subyacentes, supone King con justicia, que hubo en toda la Gran Cuenca un período de eyección rhyolítica, que en otras partes de su notable memoria considera como de edad post–miocena, suponiendo que las más antiguas erupciones de rhyolitas fueron contemporáneas de los primeros lechos pliocenos. Igual edad tienen sin duda las inmensas cantidades de lavas ácidas de México, no sólo las poderosas masas de la Sierra Madre occidental, sino también las colinas y aislados macizos de la Mesa Central, que en muchos respectos pudieran semejarse á las del W. de los montes Wahsacht.

Las rhyolitas descanzan sobrelas andesitas. El Sr. Aguilera,[2] en su Sinopsis

1 C. King.—Geol. Expl. Fortieth Paralel.
2 Aguilera.—Bol. del Inst. Geol. de Méx., Núms. 4, 5 y 6.

de Geología Mexicana, dice que las andesitas verdes han aparecido á fines del Mioceno; después de las erupciones de andesitas de hornblenda, que tienen ó no facies propylítica, siguen las rhyolitas, de donde se deduce que estas rocas han sido, consideradas por él, como inuagurando casi las erupciones pliocénicas. Ya hemos dicho entre otros casos, que corrientes de rhyolitas se intercalan en lechos en las margas y arcillas pliocénicas de Yahualica en Jalisco.

El conglomerado rojo de Guanajuato, que como hemos visto sirve de base á las tobas rhyolíticas y rhyolitas, ha sido considerado como de la base del plioceno y aun quizá mioceno; las tobas rhyolíticas que iniciaron en esa región el período de eyección rhyolítica, se han sedimentado después que esos conglomerados y las areniscas verdes que ocupan la cima de la formación, han sufrido movimientos ondulatorios y dislocaciones que tuvieron lugar largo tiempo después de su depósito. A estos movimientos, que probablemente son la causa, siguieron inmediatamente las erupciones de rhyolitas. Esta misma serie de fenómenos se repitió en Zacatecas y en otros muchos lugares del país.

El período de las erupciones de rhyolitas debió prolongarse en México durante largo tiempo como en los Estados Unidos, al menos como allá, durante el primer tercio del período plioceno, pues sólo así se explican las pequeñas diferencias perceptibles en la edad de estas rocas, como por ejemplo, entre las feldsonevaditas del Real del Monte y las rhyolitas litoides ó esferolíticas, con litofisas de sus vecinas las montañas de las Navajas.

La demostración precisa de un largo período de erupciones rhyolíticas, puede obtenerse, observando que las primeras emisiones de las rocas ácidas, parten del fin de las erupciones de andesitas verdes, por transición, con un intermedio que son las dacitas, según hemos dado ya varios ejemplos; pero en la Sierra Madre, entre las andesitas subyacentes y las rhyolitas, hubo un largo periodo de tranquilidad relativa, durante el cual la erosión ha obrado con grande energía para producir un avanzado desgaste en las rocas andesíticas. Podemos decir para esta parte de México, lo que dice Emmons y otros, de las sierras de Nevada, que: la grande erosión de dichas sierras, tuvo lugar antes del período de eyección de las rhyolitas.

Razones tectónicas demuestran también la edad pliocénica de las rhyolitas mexicanas. Al plegamiento de los sedimentos cretáceos, fuertemente desgastados en algunas regiones, se debe la erupción de las rocas microlíticas, principalmente andesitas, las antecesoras inmediatas de las rhyolitas. Los plegamientos de los depósitos cretáceos han movido también algunos sedimentos terciarios eocenos y miocenos.

Para terminar, sólo nos falta agregar, que no puede precisarse ninguna relación entre la edad relativa de las rhyolitas y ciertos cambios en la estructura de estas rocas, pues que más bien parece no existir ninguna modificación aparente que dependa de la edad dentro del sólo período de eyección que consideramos. Sí es frecuente observar que las raras feldsonevaditas, vienen entre las más antiguas erupciones; y que son rocas que provienen de un enriquecimiento paulatino de sílice, de un magma al principio de naturaleza andesítica.

RÉSUMÉ.

Le Mexique est caractérisé par l'abondance des roches trachytiques ou microlithyques tertiaires qui ont été mises au jour depuis la fin de la période éocène jusqu'à nos jours dans une succession chronologique assez définie par quelques changements de nature dont nous avons déjà saisi les traits particuliers dans les Bulletins 4, 5 et 6 de l'Institut Géologique.

Dans un pays aussi abondant en roches effusives volcaniques que celui-ci, l'étude systématique de ces espèces de roches ne manque pas d'intérêt si elles sont encadrées dans les tableaux des classifications modernes en donnant en même temps des détails de ses conditions géologiques, les formes affectant dans le terrain par leur genre d'éruption et leur rôle économique comme matériaux de construction ou comme partie du sol agricole dont elles sont une source pendant la désagrégation si longtemps pratiquée. Voilà la tâche que nous voulons entreprendre en commençant la série de nos études par les rhyolites, une famille de roches volcaniques bien développée dans le pays quoique la première place, par une plus vaste distribution, soit acordée au grand groupe des andésites.

Nos collections de roches déjà nombreuses de tous les points du pays, et constamment enrichies par des apports de nouvelles localités nous permettent de prendre l'étude, naturellement faite sur un nombre suffisant de préparations microscopiques, où nous découvrons les variations du type de chaque famille, de chaque espèce, et de nous assurer ainsi des modifications apportées par des changements dans la composition des magmas, états divers de refroidissement, altérations de toute sorte etc., en un mot, les conditions introduites par des phénomènes d'ordre chimique et physique opérant en degrés variables d'intensité.

Les rhyolites, dans un sens général ont l'avantage de former un groupe de roches assez bien délimité avec des caractères la plupart accessibles à l'œil nu

en dépit des différents aspects des individus, car la dûreté, la présence du quartz, la texture, la fluidité, la couleur etc., nous frappent au premier abord. Il faut cependant, dans bien des cas, un examen plus approfondi dans les cas où les espéces touchent les limites des autres familles des roches, en raison de la gradation parfaite qui apparaît dans toutes les roches connues, en nous donnant la clef des mutations opérées dans les profondeurs dont les lois restent encore à l'état de problèmes.

Les premiers savants qui firent des voyages au Mexique ont fait des études dans les districts miniers alors florissants où existaient, dans la plupart des cas, des roches volcaniques qu'ils désignèrent sous le nom de porphyres. Leur attention fut frappée néanmoins de ce fait, que dans les régions minières il y en a quelques montagnes de formes escarpées, dans le voisinage des filons, que les explorateurs avaient distinguées avant sous le nom de *Bufas*, formées de roches dures ou quartzeuses un peu différentes de la roche renfermant des filons. Humboldt le premier se posa le problème du rapport entre ces roches qu'il retrouva à Pachuca et à Real del Monte.

Pour lui la roche des filons est un porphyre à base argileuse, tandis que les roches siliceuses appartiennent au porphyre à base de pétrosilex, porphyre à base de pechstein, porphyre qui contient de l'obsidienne en rognons, etc. D'autres fois les altérations, les phénomènes de silicification ont rendu difficile la distinction des roches, de même que l'interprétation de leur vraie origine; comme cela est arrivé à Guanajuato où les roches siliceuses des *Bufas* furent considérées par Burkart et Virlet d'Aoust comme sédimentaires métamorphiques.

Peu à peu la séparation s'impose; le *porphyre trachytique* reste comme un nom appliqué à beaucoup de roches microlithiques (andesites), le porphyre quartzifère à des roches à silice libre, c'est-à-dire, aux *rhyolites* ou *liparites*, ainsi nommées dès que nous avons introduit chez nous l'usage du microscope.

Parmi les termes: quartz-trachyte, liparite, rhyolite, d'un usage courant pour désigner toutes les roches de cette famille, nous avons adopté exclusivement le dernier, le mieux connu au Mexique, et qui a aussi l'avantage de dénoter un caractère de structure qui est fréquent dans la plupart des espèces.

Quelques auteurs entre autres M. Rosenbusch ont formulé une séparation des quartz-trachytes ou rhyolites par la teneur des alcalis ou par la nature des felspaths qui entrent dans sa composition, soit la sanidine, l'albite ou feldspaths plus basiques. Nos documents ne sont pas encore assez détaillés pour suivre de tout près une telle division; il faut nous contenter pour le moment de l'étude des rhyolites qui ont de la sanidine, de même que d'autres feldspaths à titre d'accesoires (l'albite, le labrador l'andésine). La potasse et la soude rentrent dans des proportions semblables, ou bien la teneur en soude est légèrement supérieure à celle de la potasse.

Nous n'avons pas pu comparer nos rhyolites avec les roches de composi-

tion et structure semblables mais d'âge prétertiaires nommées quartz-porphyre à cause de la rareté des formations paléozoïques auxquelles ils seraient en quelque sorte associés. Si ces porphyres existent au Mexique nous n'en connaissons pas d'exemples bien clairs.

Les divisions principales des rhyolites établies à la page 13 de notre travail sont à peu près les mêmes que celles faites par la plupart des auteurs, notamment par Rosenbusch, qui considère d'abord les névadites avec la définition de V. Richthofen; c'est-à-dire des roches avec prédominance des éléments porphyritiques sur le magma d'une seconde consolidation. L'état plus ou moins avancé de cristalisation ou de dévitrification de ce magma donne les subdivisions de felsonévadites et de hialonévadites. Nos représentants de cette division sont rares et encore douteux et c'est par question d'ordre qu'il faut les conserver dans notre classification avec l'espoir d'avoir un jour une rencontre heureuse vu l'abondance des roches siliceuses.

La seconde division est celle des rhyolites proprement dites à magma feldsitique et microfeldsitique avec de la matière amorphe et développement sphérolitique englobant des cristaux de feldspath, de quartz, de biotite et d'hornblende, etc. A cette division nous considérons subordonnées les litoïdites, roches à magma d'aspect uniforme avec rareté de cristaux de première formation.

La troisiéme division est celle des rhyolites vitreuses (vidrios de rhyolita) représentées par la rétinite, l'obsidienne, la ponce, qui ont souvent la structure dite perlitique.

Si développées que soient les rhyolites dans le territoire mexicain il paraît que sa distribution obéit à certaines lois régies par l'âge et la nature de certains mouvements tectoniques. Une idée de cette distribution est donnée par la carte ci-jointe que nous avons préparée en réunissant les documents existants. Cette carte peut avoir quelques défauts de situation pour manque de données plus précises, mais nous croyons au moins qu'elle se rapproche assez de la vraie étendue de ces roches et qu'elle donne aussi une idée de l'importance de ces roches comme composantes du sol mexicain.

Depuis la frontière des Etats-Unis jusqu'au 21ème degré de latitude nous voyons une bande rhyolitique sur la Sierra Madre occidentale composée de parties présentant de grandes coulées, de grands plateaux, de massifs isolés, de dômes, etc. Les rhyolites surmontent les autres roches excepté le cas où elles sont convertes de minces coulées de laves basaltiques. Les longues crêtes et les plateaux sont orientés généralement parallèlement aux grandes vallées longitudinales tels qu'ils résultent des phénomènes de l'érosion autant que du mode d'éruption de ces roches. Les massifs peuvent être considérés dans quelques rares cas comme des points d'éruption de même que les dômes, car ils sont tout-à-fait semblables aux bufas du Plateau Central, placés ça et là près des régions minières. La zône rhyolitique en se recourbant, pénètre au Plateau Central dressée surtout aux bords septentrionaux des régions volcaniques récentes des grandes vallées de l'Anahuac dont les vastes coulées de

laves (andesites augitiques et basaltes) viennent les recouvrir en de nombreuses places. Ici les dômes ou bufas sont nombreux même que les vastes coulées sorties des vrais volcans.

D'après la manière dont ont pris naissance les rhyolites dans ces deux régions mexicaines, la Sierra Madre et le plateau Central, on peut établir une différence qui ne doit pas d'ailleurs être considérée comme une loi générale.

Les rhyolites de la Sierra Madre occidentale ont aparu pour la plupart par de larges crevasses parallèles aux lignes de direction du relief actuel, tandis qu'au plateau central les coulées procèdent des vraies cheminées d'éruption. Il y a certainement quelques bufas qui ne sont que des accumulations de roches au dessus de petites crevasses qui ont parfois une grandeur surpassant à peine d'un grand filon.

Les bufas sont tellement caractéristiques que nous sommes obligés de donner quelques détails à part. En effect; dans beaucoup de régions minières qui ont un grand développement de roches éruptives et que les filons sont en partie encaissonnés dans ces roches, on voit des montagnes aux sommets escarpés constituées de rhyolites ou de tufs rhyolitiques surmontant les roches andésitiques que contiennent les filons. Dans le texte nous donnons quelques exemples typiques des *bufas;* celles de Guanajuato qui forment le bord d'un plateau de tuf rhyolitique appuyé sur un support de grès vert et du conglomérat rouge miocène en couches ondulées de plus de 400 mètres d'épaisseur dessous lequel viennent les roches vertes. Ces tufs entourent aussi un massif de rhyolites sphérolitiques, le Cerro de Chichíndaro à l'extrémité du plateau. Tout porte à croire que la masse énorme des tufs s'est produite vers la fin des éruptions rhyolitiques si nombreuses dans la sierra de Guanajuato et pendant une série continuelle d'explotions qu'eut permis le transport des fragments des roches des parois des cheminées; on trouve le granit, les andésites même que les conglomérats emprisonnés dans les tufs.

La bufa de Zacatecas, constituée d'une rhyolite massive se montre comme une longue crête très régulière couronnant les dépôts restés en lambeaux des grès et conglomérats, comme ceux de Guanajuato, et que recouvre aussi des roches vertes andésitiques altérées et métamorphisées. Ici les rhyolites n'ont pas coulé mais elles sont venues s'accumuler et se refroidir sur la longue crevasse par où elles se sont fait jour.

Des autres exemples des bufas que nous étudions sont peut-être plus instructifs car les roches siliceuses qui les forment, procédent d'un magma de nature andésitique de plus en plus enrichi de silice. Elles témoignent pourtant le phénomène de la *differentiation.* La bufa de Real del Monte (cerro del Aguila) dôme rocheux près de ce District minier, s'est élevé à la fin des éruptions d'andésites, la roche dominante de ce district. Entre les rhyolites et les andésites on trouve toutes les gradations intermédiaires y compris les dacites. Des éruptions explosives ont donné naissance à des masses de tufs sédimentées et silicifiées par d'abondantes sources chaudes qui accompagnèrent les éruptions.

Les mêmes caractéristiques conviennent tout-à-fait à la Bufa de Mascota dans la Sierra Madre occidentale qui est un massif rhyolitique brechiforme au sommet des montagnes constituées de dacites, et d'andésites traversées par de nombreux filons.

Nous ne pouvons pas suivre les détails de tant d'autres bufas parsemées dans les régions minières de la Sierra aux Etats de Chihuahua, de Durango et de Sinaloa, connues de tous sous le même nom qui est pourtant très répandu. A part l'importance accordée aux rhyolites des Bufas comme succédant aux andésites sous quelques conditions, l'intérêt augmente si l'on songe au rapport qui peut exister entre ces roches à abondant silice, aux eaux thermales siliceuses accompagnant leurs éruptions et la formation des riches filons quartzeux du voisinage.

Nous avons choisi quelques autres exemples de régions rhyolitiques du Plateau Central pour montrer des particularités quand ces roches occupent de grandes surfaces. Nous parlons d'abord de "las Navajas" cette partie de la Sierra de Pachuca visitée par Humboldt au commencement du siècle, dont des échantillons emportés par ce savant ont été décrits par Tenne. Cette région, d'une beauté magnifique par l'exubérance de ses forêts, la douceur du climat et les variétés du paysage, est devenue pour nous classique. D'immenses coulées de laves rhyolitiques fort déchirées par l'érosion laissent voir de grands rochers couronnant les sommets, qui apparaissent comme morceaux d'un grand plateau de 3,500 mètres au dessus du niveau de la mer qui formaient les laves avant le morcellement de l'érosion. On trouve partout de belles colonnades des tronçons détachés, de la roche à aspect litoïdique, la seule qui forme les coulées. Dans les barrancas les masses de brêches permettent l'ouverture de cavités ou de grottes; et au fond de quelques ravins assombris par la végétation, on découvre la roche andésitique sur laquelle s'appuie le manteau de rhyolites.

Le Cerro de las Navajas est une des montagnes les plus élevées de la sierra, le sommet nu et rocheux laisse voir une surface ondulée rugueuse d'une lave coulée très fluide. Au pied on trouve de grands rognons et de nombreux fragments d'obsidienne noire avec sphérolites; et plus loin, à la base de la Peña del Aguila, de même qu'à celle du Jacal, des litoïdites mêlées d'obsidienne et de rétinites alternant en minces couches; il y a aussi des rhyolites sphérolitiques, et dernièrement, des lithophises provenant de l'action de vapeurs et d'eaux chaudes sur les roches près des emplacements des fumerolles disparues qui ont déposé aussi un peu de soufre.

L'aire rhyolitique de l'Etat de Querétaro est non moins instructive; au lieu de constituer de hautes montagnes elle nous montre des séries de basses collines séparées par de larges vallées. Les sommets tout applatis sont surmontés parfois par de petits cônes, spèce de *nekes*, les uns de rhyolites, les autres basaltiques restes de volcans, car ces roches ont dernièrement couvert une partie des coulées rhyolitiques, tel qu'on le voit près de la ville de Querétaro, et à Apaseo, à Leon même, et près de Cadereyta et de Tequixquia-

pam. Ici les rhyolites montrent assez de variétés; à la base des litoïdites provenant de la *différentiation* d'une roche trachytique (la Trinidad) puis des rhyolites de plus en plus chargées de sphérolites creusées ou lithophises remplies, aux sommets des coulées par des rognons ou traînées d'opale laiteux, d'opale de feu et d'opale noble à beaux reflets, fort estimés. Les plus connues de ces opales venaient des carrières de l'Hacienda de Esperanza. Il faut attendre une importante production vu l'étendue des rhyolites opalifères quand on aura des moyens plus perfectionnés pour les recherches et pour l'extraction. Indépendamment de l'opale, on voit dans les parois des lithophises ou des cavités, et pénétrant quelquefois dans la masse même de l'opale, le quartz, la tridymite, très petits cristaux de feldspath et des aiguilles de rutile. Nous avons vu aussi dans de larges cavités des cristaux d'améthyste.

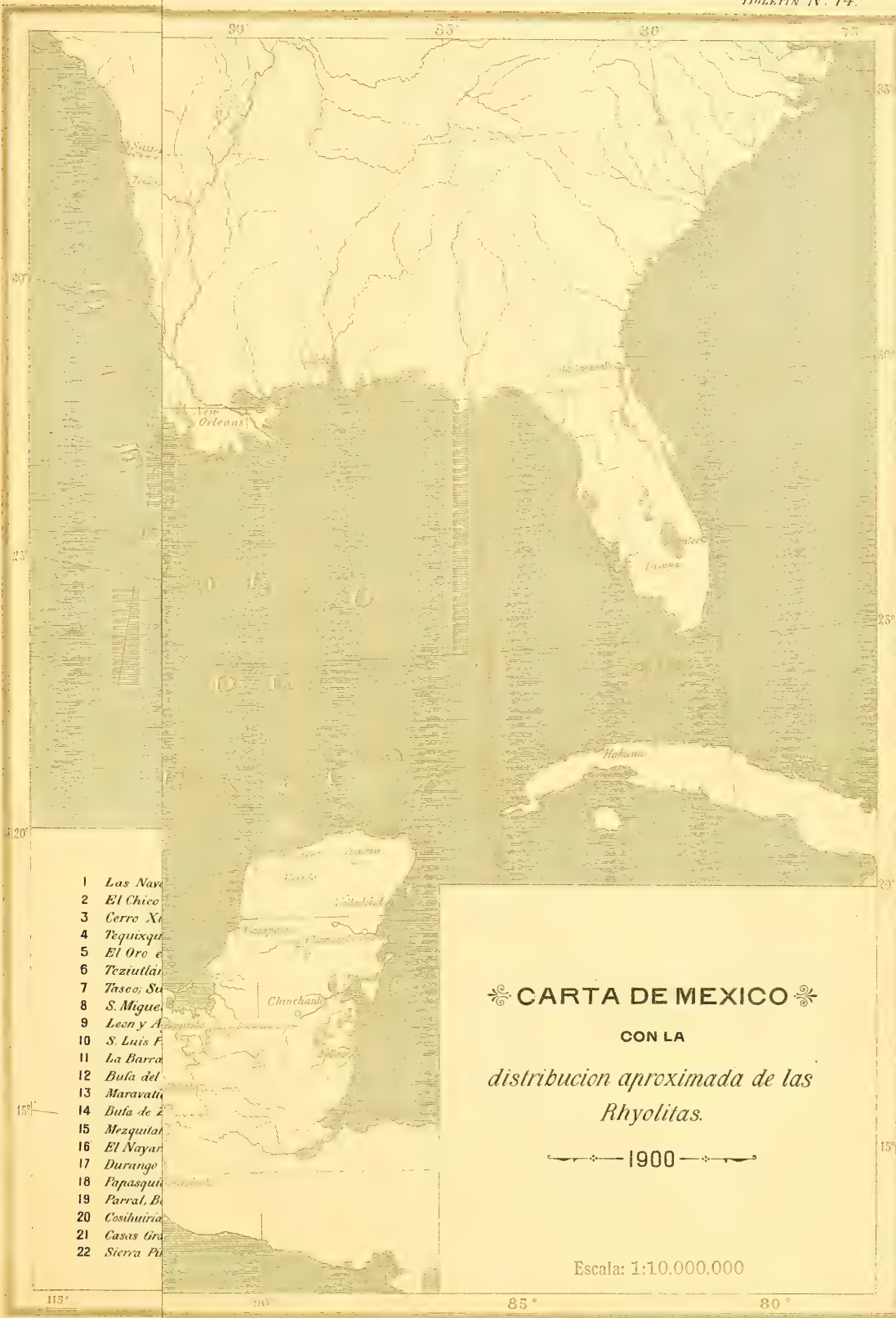
En parlant des autres endroits rhyolitiques du Plateau Central nous avons remarqué les belles obsidiennes noires, orangés et brunes de Maravatío, les rétinites du cône du Xicuco, de nombreuses apophises de rhyolites se rapprochant des feldsonévadites qui surmontant au Nord du pays beaucoup de montagnes calcaires à Pozos, à Cerro de San Pedro (S. L. P.), à Cerro de la Tinaja (Zacatecas), à Sierra Mojada (Coahuila), à Mapimi (Durango), etc. Il y a des rhyolites avec des rognons de cassitérite aux sierras près de San Luis Potosi et des rhyolites avec de magnifiques cristaux de topaze à la Sierra de Canoas dans le même Etat, etc.

Nous consacrons un chapitre spécial à l'étude de la manière de se présenter des rhyolites dans la Sierra Madre occidentale qui est par excellence éruptive, et où ces roches ont le plus grand développement comme on le voit dans notre carte; mais il nous a fallu pour une meilleure intelligence faire précéder l'étude, malheureusement succincte, d'une description de l'orographie, de l'hydrographie, des formes que revètent les montagnes, etc., de l'importance de l'érosion dans le modelé final, dont le résultat cache un peu la techtonique.[1]

Pour nous la Sierra Madre occidentale est un ensemble de systêmes de montagnes accouplés qui se montre avec une certaine individualité depuis la frontière des Etats-Unis, près de la limite du bassin de la rivière Gila jusqu'au 20ème degré de latitude, quoique le nom de Sierra Madre occidentale soit appliqué à la région de montagnes de l'ouest jusqu'au 17ème 30 degré de latitude, sur la coupure de la rivière de las Balsas. Dans cette immense enceinte de montagnes sillonées par d'étroites et profondes barrancas, des canons, ou de vallées longitudinales, de gorges; surmontées, de rochers, de corniches, rarement d'aiguilles, mais caractérisées plutôt par des formes arrondies et par les grands plateaux, nus ou boisés, les rhyolites, étalées en d'im-

1 On trouve quelques détails de caractère géographique dans un article publié dans le "Géographical Journal," London Vol. VI, 1895. O. H. Howarth. "The Western Sierra Madre of Mexico."

menses nappes jusqu'à 1000 mètres d'épaisseur ont dû faire éruption par de longues crevasses onvertes pendant des périodes de mouvements continentaux. Des parties de la Sierra offrent une topographie très simple, véritables plateaux de dizaines de kilomètres d'étendue morcelés et diversifiés après une puissante érosion et souvent par des éffondrements. Nous pouvons observer aujourd'hui dans quelques parties, des failles échelonnées, des moreaux engloutis ou penchés, comme ceux du sud de l'Oregon; enfin, des aspects qui rappellent beaucoup les régions rhyolitiques du Grand Bassin de Nevada. Mais la plus grande simplicité géologique de notre Sierra Madre nous gène un peu pour l'interprétation de l'âge et rapports de nos rhyolites. Les andésites très variées sont leur appui général. On trouve cependant au dessous d'elles les schistes et les calcaires crétacés, les diorites et les granulites terciaires, plus rarement le triasique et des schistes et d'autres roches anciennes. La plupart de ces rhyolites ont apparu depuis la fin du miocène jusqu'au milieu du pliocène comme nous croyons le démontrer dans le chapitre consacré à l'âge des rhyolites.


90°
85°
80°
New Orleans
Tampa
Habana
Chanchanb
1 Las Nav
2 El Chico
3 Cerro X
4 Tequixqu
5 El Oro e
6 Teziutlai
7 Tasco; Su
8 S. Miguel
9 Leon y A
10 S. Luis P
11 La Barra
12 Bufa del
13 Maravatí
14 Bufa de Z
15 Mezquital
16 El Nayar
17 Durango
18 Papasqui
19 Parral, B
20 Cosihuiria
21 Casas Gra
22 Sierra Pi
CARTA DE MEXICO
CON LA
distribucion aproximada de las
Rhyolitas.
1900
Escala: 1:10.000.000
115°
90°
85°
80°

INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO

—EXPLICACION—
1 Las Navajas.
2 El Chico y Pachuca.
3 Cerro Xicuco y Tula.
4 Tequixquiapan, Cadereyta y Bernal.
5 El Oro é Ixtlahuaca.
6 Teziutlán, Villa de Libres y Zacualtipan.
7 Tasco, Sultepec, Huitzuco.
8 S. Miguel de Allende, Bufas y Sierra de Guanajuato.
9 Leon y Aquascalientes.
10 S. Luis Potosi, Sierra del Jaral, Cerro de S. Pedro.
11 La Barranca Guadalajara
12 Bufa del Real Alto.
13 Maravatio
14 Bufa de Zacatecas, Sierra Fria, de las Palomas y Valdécañas
15 Mezquital del Oro, La Yesca.
16 El Nayarit.
17 Durango
18 Papasquiaro, S. José de Gracia, Indé.
19 Parral, Balleza, Chéix.
20 Conihuiriachic, Jesus María.
21 Casas Grandes
22 Sierra Pinta.
CARTA DE MEXICO
CON LA
distribucion aproximada de las Rhyolitas.
1900
Escala: 1:10.000.000
Laredo
Monterrey
Durango
Zacatecas
Tampico
Veracruz
Puebla
Oaxaca
Chilpancingo
Orleans
Jacksonville
Habana
Campeche
Chichanah
Tuxpan
Tepic
Guadalajara
Mazatlan
Guaymas
Tucson
Chihuahua
Saltillo
Tlaxcala
Iguala
Tehuantepec
Coatzacoalcos
Tuxtla
Tapachula
Sultana Corp.
Veracruz
Mexico
Cuernavaca
Acapulco
Colima
Guanajuato
Zacatecas
Durango
Chihuahua
Monterrey
Saltillo
Tampico
Veracruz
Puebla
Oaxaca
Chilpancingo
Tepic
Guadalajara
Mazatlan
Guaymas
Tucson
Chihuahua
Tuxpan
Campeche
Chichanah
Tapachula
Coatzacoalcos
Tuxtla
Iguala
Tlaxcala
Mexico
Cuernavaca
Acapulco
Colima
Guanajuato
Zacatecas
Durango

INDICE.

	Páginas.
Introducción	3
Notas históricas	7
Subdivisiones principales de la familia de las rhyolitas	11
Caracteres macroscópicos de las rhyolitas	14
Distribución general de las rhyolitas en México	16
Las bufas de Guanajuato	21
La bufa de Zacatecas	26
La bufa de Real del Monte (cerro del Aguila)	28
La bufa de Mascota	29
Las bufas del Estado de Chihuahua	30
Las Navajas	35
Otras regiones rhyolíticas de la Mesa Central	41
Las rhyolitas de la Sierra Madre occidental	51
Edad de las rhyolitas	65
Résumé	69

L'Institut Géologique du Mexique recevra avec grand intérêt les publications concernant la Géologie, la Géographie physique et l'Histoire Naturelle en général, en échange de son BULLETIN *qui se publie par cahiers in 4° avec gravures et planches. Le numéro 1 de ce recueil a paru avec le titre de "Boletín de la Comisión Geológica de México."*

Adresse:

Instituto Geológico de México.
Calle del Paseo Nuevo, núm. 2.

MEXICO, D. F.
MEXIQUE.

Amérique du Nord.

L'Institut Géologique a installé ses départements d'une manière provisoire dans la *Calle del Paseo Nuevo núm. 2;* on est prié de vouloir bien prendre note de sa nouvelle adresse, et aussi de son indépendance absolue de l'Ecole des Ingénieurs dont il a reçu autrefois une gracieuse hospitalité.

On est prié instamment d'accuser réception. Dans le cas où cette formalité aurait été négligée, on serait considéré comme ne désirant plus continuer à recevoir les publications de l'Institut Géologique du Mexique.

SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES
3 9088 01224 2392